

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-313205

(43)Date of publication of application : 09.11.2001

(51)Int.Cl.

H01F 1/053
 B22F 1/00
 B22F 3/00
 C22C 33/02
 H01F 1/08
 // C22C 38/00

(21)Application number : 2000-358096

(22)Date of filing : 24.11.2000

(71)Applicant : HITACHI METALS LTD

(72)Inventor : TOBISE MASAHIRO
 USHIJIMA MAKOTO
 MITA MASAHIRO
 MASUZAWA MASAHIRO
 TANIGAWA SHIGEO
 GOTO RIYUUYA
 YAMASHITA KEITARO

(30)Priority

Priority number : 11333366 Priority date : 24.11.1999 Priority country : JP

2000025535 02.02.2000 JP

2000042813 21.02.2000 JP

2000046688 24.02.2000 JP

2000049602 25.02.2000 JP

JP

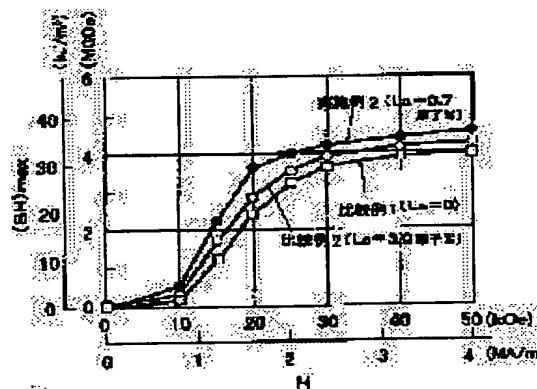
JP

(54) ISOTROPIC COMPOUND, ISOTROPIC BONDED MAGNET, ROTATING MACHINE, AND MAGNET ROLL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a sheet-like (Sm, La)-T-N isotropic bonded magnet which is of high performance and more improved in magnetization properties than usual.

SOLUTION: An isotropic compound is substantially composed of R-T-N magnet powder containing a main component composition represented by a formula, $R\alpha T100-(\alpha+\beta+\gamma+\delta)M\beta B\gamma N\delta$ (wherein, R is composed of Sm, La and an unavoidable R component; an La content is 0.05 to 2 at.%; T is Fe or Fe and Co; M is at least one element selected out of Al, Ti, V, Cr, Mn, Cu, Ga, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W and Zn; and α, β, γ and δ are so set as to satisfy formulas, $4 \leq \alpha \leq 15$, $0 \leq \beta \leq 10$, $0 \leq \gamma \leq 4$, and $4 \leq \delta \leq 30$) indicated in at.% and a binder, and the isotropic compound is formed into an isotropic bonded magnet sheet of thickness 0.1 to 5 mm.



BEST AVAILABLE COPY

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-313205

(P2001-313205A)

(43) 公開日 平成13年11月9日 (2001.11.9)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード* (参考)
H 0 1 F 1/053		B 2 2 F 1/00	Y 4 K 0 1 8
B 2 2 F 1/00		3/00	C 5 E 0 4 0
3/00		C 2 2 C 33/02	J
C 2 2 C 33/02		H 0 1 F 1/08	A
H 0 1 F 1/08		C 2 2 C 38/00	3 0 3 D
審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 25 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-358096 (P2000-358096)

(22) 出願日 平成12年11月24日 (2000.11.24)

(31) 優先権主張番号 特願平11-333366

(32) 優先日 平成11年11月24日 (1999.11.24)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願2000-25535 (P2000-25535)

(32) 優先日 平成12年2月2日 (2000.2.2)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願2000-42813 (P2000-42813)

(32) 優先日 平成12年2月21日 (2000.2.21)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005083

日立金属株式会社

東京都港区芝浦一丁目2番1号

(72) 発明者 飛世 正博

埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地日立金属株式会社磁性材料研究所内

(72) 発明者 牛嶋 誠

東京都港区芝浦一丁目2番1号日立金属株式会社内

(72) 発明者 三田 正裕

埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地日立金属株式会社磁性材料研究所内

最終頁に続く

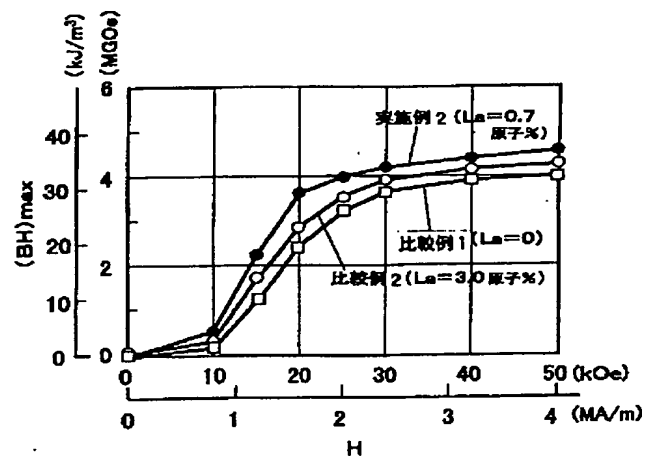
(54) 【発明の名称】 等方性コンパウンド、等方性ボンド磁石、回転機及びマグネットローラ

(57) 【要約】

【課題】 従来に比べて着磁性を向上したシート状の高性能 (S m, L a) - T - N系等方性ボンド磁石を提供する。

【解決手段】 原子%で R_aT

$100 - (\alpha + \beta + \gamma + \delta) M_B B_x N_z$ (Rが S m, L a 及び不可避免的 R 成分からなり、L a 含有量が 0.05 ~ 2 原子%であり、T は F e、又は F e 及び C o であり、M は A l, T i, V, C r, M n, C u, G a, Z r, N b, M o, H f, T a, W 及び Z n の群から選択される少なくとも 1 種であり、 $4 \leq \alpha \leq 15$, $0 \leq \beta \leq 10$, $0 \leq \gamma \leq 4$, $4 \leq \delta \leq 30$) で表される主要成分組成を有する R - T - N 系磁石粉末とバインダーとから実質的になり、厚み 0.1 ~ 5 mm のシート状に成形されたことを特徴とする等方性ボンド磁石。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 原子%で R_aT

$100-(\alpha+\beta+\gamma+\delta)M_\beta B_\gamma N_\delta$ (R が Sm , La 及び不可避免的 R 成分からなり、 La 含有量が $0.05\sim 2$ 原子%であり、 T は Fe 、又は Fe 及び Co であり、 M は Al , Ti , V , Cr , Mn , Cu , Ga , Zr , Nb , Mo , Hf , Ta , W 及び Zn の群から選択される少なくとも1種であり、 $4\leq\alpha\leq 15$, $0\leq\beta\leq 10$, $0\leq\gamma\leq 4$, $4\leq\delta\leq 30$)で表される主要成分組成を有する $R-T-N$ 系磁石粉末とバインダーとから実質的になり、厚み $0.1\sim 5$ mmのシート状に成形されたことを特徴とする等方性ボンド磁石。

【請求項2】 JIS B 0601 により規定される最大高さ(R_{max})を $15\mu m$ 以下に低減した請求項1に記載の等方性ボンド磁石。

【請求項3】 $R-T-N$ 系磁石粉末が Th_2Zn_{17} 型又は Th_2Ni_{17} 型結晶構造を有する硬質磁性相を主相とし、前記主相の平均結晶粒径が $0.01\sim 1\mu m$ である請求項1又は2に記載の等方性ボンド磁石。

【請求項4】 $R-T-N$ 系磁石粉末が $TbCu_7$ 型結晶構造を有する硬質磁性相を主相とし、前記主相の平均結晶粒径が $0.002\sim 0.5\mu m$ である請求項1又は2に記載の等方性ボンド磁石。

【請求項5】 請求項1乃至4のいずれかに記載の等方性ボンド磁石を用いたことを特徴とする回転機。

【請求項6】 請求項1乃至4のいずれかに記載の等方性ボンド磁石を用いたことを特徴とするマグネットローラ。

【請求項7】 原子%で R_aT

$100-(\alpha+\beta+\gamma+\delta)M_\beta B_\gamma N_\delta$ (R が Sm , La 及び不可避免的 R 成分からなり、 La 含有量が $0.05\sim 2$ 原子%であり、 T は Fe 、又は Fe 及び Co であり、 M は Al , Ti , V , Cr , Mn , Cu , Ga , Zr , Nb , Mo , Hf , Ta , W 及び Zn の群から選択される少なくとも1種であり、 $4\leq\alpha\leq 15$, $0\leq\beta\leq 10$, $0\leq\gamma\leq 4$, $4\leq\delta\leq 30$)で表される主要成分組成を有する $R-T-N$ 系磁石粉末と、

$R'_2T'_{14}B$ 型金属間化合物 (R' は Y を含む希土類元素の少なくとも1種であり Nd を必ず含み、 T' は Fe 、又は Fe 及び Co である)を主相とする平均結晶粒径が $0.01\sim 0.5\mu m$ の $R'-T'-B$ 系磁石粉末と前記2種の磁石粉末を結着するバインダーとから実質的になることを特徴とする等方性ボンド磁石。

【請求項8】 厚み $0.01\sim 5$ mmのシート状に成形された請求項7に記載の等方性ボンド磁石。

【請求項9】 JIS B 0601 により規定される最大高さ(R_{max})を $15\mu m$ 以下に低減した請求項8に記載の等方性ボンド磁石。

【請求項10】 $R-T-N$ 系磁石粉末が Th_2Zn_{17} 型又は Th_2Ni_{17} 型結晶構造を有する硬質磁性

相を主相とし、前記主相の平均結晶粒径が $0.01\sim 1\mu m$ である請求項7乃至9のいずれかに記載の等方性ボンド磁石。

【請求項11】 $R-T-N$ 系磁石粉末が $TbCu_7$ 型結晶構造を有する硬質磁性相を主相とし、前記主相の平均結晶粒径が $0.002\sim 0.5\mu m$ である請求項7乃至9のいずれかに記載の等方性ボンド磁石。

【請求項12】 請求項7乃至11のいずれかに記載の等方性ボンド磁石を用いたことを特徴とする回転機。

【請求項13】 請求項7乃至11のいずれかに記載の等方性ボンド磁石を用いたことを特徴とするマグネットローラ。

【請求項14】 原子%で R_aT

$100-(\alpha+\beta+\gamma+\delta)M_\beta B_\gamma N_\delta$ (R が Sm , La 及び不可避免的 R 成分からなり、 La 含有量が $0.05\sim 2$ 原子%であり、 T は Fe 、又は Fe 及び Co であり、 M は Al , Ti , V , Cr , Mn , Cu , Ga , Zr , Nb , Mo , Hf , Ta , W 及び Zn の群から選択される少なくとも1種であり、 $4\leq\alpha\leq 15$, $0\leq\beta\leq 10$, $0\leq\gamma\leq 4$, $4\leq\delta\leq 30$)で表される主要成分組成を有する $R-T-N$ 系磁石粉末とバインダーとから実質的になることを特徴とする等方性コンパウンド。

【請求項15】 $R-T-N$ 系磁石粉末が Th_2Zn_{17} 型又は Th_2Ni_{17} 型結晶構造を有する硬質磁性相を主相とし、前記主相の平均結晶粒径が $0.01\sim 1\mu m$ である請求項14に記載の等方性コンパウンド。

【請求項16】 $R-T-N$ 系磁石粉末が $TbCu_7$ 型結晶構造を有する硬質磁性相を主相とし、前記主相の平均結晶粒径が $0.002\sim 0.5\mu m$ である請求項14に記載の等方性コンパウンド。

【請求項17】 原子%で R_aT

$100-(\alpha+\beta+\gamma+\delta)M_\beta B_\gamma N_\delta$ (R が Sm , La 及び不可避免的 R 成分からなり、 La 含有量が $0.05\sim 2$ 原子%であり、 T は Fe 、又は Fe 及び Co であり、 M は Al , Ti , V , Cr , Mn , Cu , Ga , Zr , Nb , Mo , Hf , Ta , W 及び Zn の群から選択される少なくとも1種であり、 $4\leq\alpha\leq 15$, $0\leq\beta\leq 10$, $0\leq\gamma\leq 4$, $4\leq\delta\leq 30$)で表される主要成分組成を有する $R-T-N$ 系磁石粉末と、

$R'_2T'_{14}B$ 型金属間化合物 (R' は Y を含む希土類元素の少なくとも1種であり Nd を必ず含み、 T' は Fe 、又は Fe 及び Co である)を主相とする平均結晶粒径が $0.01\sim 0.5\mu m$ の $R'-T'-B$ 系磁石粉末と前記2種の磁石粉末を結着するバインダーとから実質的になることを特徴とする等方性コンパウンド。

【請求項18】 $R-T-N$ 系磁石粉末が Th_2Zn_{17} 型又は Th_2Ni_{17} 型結晶構造を有する硬質磁性相を主相とし、前記主相の平均結晶粒径が $0.01\sim 1\mu m$ である請求項17に記載の等方性コンパウンド。

【請求項19】 $R-T-N$ 系磁石粉末が $TbCu_7$ 型

10

20

30

40

50

結晶構造を有する硬質磁性相を主相とし、前記主相の平均結晶粒径が $0.002\sim 0.5\mu\text{m}$ である請求項17に記載の等方性コンパウンド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は広範囲な磁石応用品分野、例えば各種の回転機、静電現像方式のプリンタや複写機等に用いるマグネットロール、ボイスコイルモータやリニアモータ等に代表される各種のアクチュエータ、音響用スピーカ、ブザー、センサー、吸着又は磁界発生用磁石等に有用であり、従来に比べて着磁性を向上したシート状の高性能（ S_m 、 L_a ）- T - N 系等方性ボンド磁石に関する。また本発明は、従来に比べて着磁性の良好な（ S_m 、 L_a ）- T - N 系等方性磁石粉末と、 $R'-T'-B$ 系等方性磁石粉末と、バインダーとから実質的になる高性能の等方性ボンド磁石に関する。また本発明は、前記等方性ボンド磁石を用いて構成される回転機及びマグネットロールに関する。また本発明は、前記等方性ボンド磁石用のコンパウンドに関する。

【0002】

【従来の技術】 $Nd_2Fe_{14}B$ 型金属間化合物を主相とする等方性の $Nd-Fe-B$ 系磁石粉末（米国特許第4,496,395号等参照）が希土類ボンド磁石に多用されている。この磁石粉末は所定組成の $Nd-Fe-B$ 系合金溶湯を超急冷し、凝固して得られたフレークを必要に応じ所定条件で熱処理したものである。しかしこの磁石粉末は耐食性及び着磁性が悪いという問題を有する。着磁性は室温の着磁磁界強度： 1.9MA/m （ 25kOe ）以下で着磁したときの磁気特性（最大エネルギー積 $(BH)_{\text{max}}$ 等）で評価される。従来の等方性の希土類ボンド磁石は着磁性が悪く改善が求められていた。着磁磁界強度を 1.9MA/m （ 25kOe ）以下に制限する理由は、等方性の希土類ボンド磁石を所定の磁気回路に組み込んだ状態で着磁する場合等、工業生産上 1.9MA/m （ 25kOe ）超の着磁磁界強度で着磁することが困難な場合が多いからである。

【0003】等方性の希土類ボンド磁石には高性能化

（薄肉化）とともに高い寸法精度が求められている。例えば携帯電話に搭載される電子ブザーの場合、等方性の希土類ボンド磁石と振動板とが磁気ギャップを介して対向配置され、前記磁気ギャップ間隔を変化させて電子ブザーの音質を調整する方法が採用されている。また電子ブザーの組立は通常自動化ラインで行われるので電子ブザーに組み込まれる等方性の希土類ボンド磁石には高い寸法精度が求められる。また、例えばコンピュータのハードディスクドライブを構成するスピンドルモーター用、 $CD-ROM$ 駆動装置のモーター用、さらには今後DVD（デジタルビデオディスク）用の等方性の希土類ボンド磁石に対し特に薄肉化に耐える高い磁気特性及び厳しい寸法精度の要求が見込まれる。また、接着剤による継ぎ目をなくすことで組立工数の削減とともに各種磁

石応用品の高性能化を実現できるため、長尺でかつ一体ものの等方性の希土類ボンド磁石のニーズがある。例えば厚みが 5mm 以下、好ましくは 2mm 以下のシート状の等方性の希土類ボンド磁石成形品を回転機の界磁磁石に用いた場合、前記ボンド磁石の表面あらさ（最大高さ： R_{max} 等）が悪いと回転機のエアギャップ間隔を所定寸法（通常 0.3mm ）以下に設定できない。さらに前記シート状ボンド磁石は巻回した状態で多用されるので所定の曲率半径に曲げたときの耐割れ性（耐久強度）を高めることが重要である。このように、昨今の等方性の希土類ボンド磁石には着磁性、薄肉化、長尺化、成形品の高い寸法精度、及び耐久強度の向上が求められている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従って本発明が解決しようとする課題は、従来に比べて着磁性を向上したシート状の高性能（ S_m 、 L_a ）- T - N 系等方性ボンド磁石を提供することである。また本発明の課題は、従来に比べて着磁性の良好な（ S_m 、 L_a ）- T - N 系等方性磁石粉末と、 $R'-T'-B$ 系等方性磁石粉末と、バインダーとから実質的になる高性能の等方性ボンド磁石を提供することである。また本発明の課題は、前記等方性ボンド磁石を用いて構成される回転機及びマグネットロールを提供することである。また本発明の課題は、前記等方性ボンド磁石用のコンパウンドを提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決した本発明の等方性ボンド磁石は、原子%で $R_aT_{100-(\alpha+\beta+\gamma+\delta)}M_\beta B_\gamma N_\delta$ （ R が S_m 、 L

a 及び不可避的 R 成分からなり、 L_a 含有量が $0.05\sim 2$ 原子%であり、 T は Fe 、又は Fe 及び Co であり、 M は Al 、 Ti 、 V 、 Cr 、 Mn 、 Cu 、 Ga 、 Zr 、 Nb 、 Mo 、 Hf 、 Ta 、 W 及び Zn の群から選択される少なくとも1種であり、 $4\leq \alpha\leq 15$ 、 $0\leq \beta\leq 10$ 、 $0\leq \gamma\leq 4$ 、 $4\leq \delta\leq 30$ ）で表される主要成分組成を有する $R-T-N$ 系磁石粉末とバインダーとから実質的になり、厚み $0.1\sim 5\text{mm}$ のシート状に成形されたことを特徴とする。このシート状ボンド磁石は着磁性に富むものである。また前記シート状ボンドの表面あらさをJIS B 0601により規定される最大高さ（ R_{max} ）で $15\mu\text{m}$ 以下に低減できるので磁気ギャップの小さい磁石応用品用途に好適である。

【0006】また本発明の等方性ボンド磁石は、原子%で $R_aT_{100-(\alpha+\beta+\gamma+\delta)}M_\beta B_\gamma N_\delta$ （ R が S_m 、 L_a 及び不可避的 R 成分からなり、 L_a 含有量が $0.05\sim 2$ 原子%であり、 T は Fe 、又は Fe 及び Co であり、 M は Al 、 Ti 、 V 、 Cr 、 Mn 、 Cu 、 Ga 、 Zr 、 Nb 、 Mo 、 Hf 、 Ta 、 W 及び Zn の群から選択される少なくとも1種であり、 $4\leq \alpha\leq 15$ 、 $0\leq \beta\leq$

10, $0 \leq \gamma \leq 4$, $4 \leq \delta \leq 30$) で表される主要成分組成を有する R-T-N 系磁石粉末と、 $R'_2T'_{14}$ B 型金属間化合物 (R' は Y を含む希土類元素の少なくとも 1 種であり Nd を必ず含み、 T' は Fe、又は Fe 及び Co である) を主相とする平均結晶粒径が $0.01 \sim 0.5 \mu m$ の $R'-T'-B$ 系磁石粉末と前記 2 種の磁石粉末を結着するバインダーとから実質的になることを特徴とする。この等方性ボンド磁石は R-T-N 系磁石粉末の寄与により着磁性を向上し、 $R'-T'-B$ 系磁石粉末の寄与により (BH)max を高めたものである。また厚み $0.01 \sim 5 mm$ のシート状に成形された等方性ボンド磁石が有用である。特に、JIS B 0601 により規定される最大高さ (Rmax) を $15 \mu m$ 以下に低減したシート状の等方性ボンド磁石は磁気ギャップの小さい磁石応用品用途に好適である。

【0007】前記 R-T-N 系磁石粉末が Th_2Zn_{17} 型又は Th_2Ni_{17} 型結晶構造を有する硬質磁性相を主相とし、前記主相の平均結晶粒径が $0.01 \sim 1 \mu m$ である場合に耐久強度 (耐割れ性等) を向上した等方性ボンド磁石を提供できる。また前記 R-T-N 系磁石粉末が $TbCu_{17}$ 型結晶構造を有する硬質磁性相を主相とし、前記主相の平均結晶粒径が $0.002 \sim 0.5 \mu m$ である場合に等方性ボンド磁石の (BH)max を高めることができる。

【0008】前記等方性ボンド磁石を用いて構成される回転機は高効率のものになる。また前記等方性ボンド磁石を用いて構成されるマグネットローラを搭載した複写機あるいはプリンタでは高精細画像が得られる。

【0009】また本発明の等方性コンパウンドは、原子 % で $R_\alpha T_{100-(\alpha+\beta+\gamma+\delta)} M_\beta B_\gamma N_\delta$ (R が Sm, La 及び不可避的 R 成分からなり、La 含有量が $0.05 \sim 2$ 原子 % であり、T は Fe、又は Fe 及び Co であり、M は Al, Ti, V, Cr, Mn, Cu, Ga, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W 及び Zn の群から選択される少なくとも 1 種であり、 $4 \leq \alpha \leq 15$, $0 \leq \beta \leq 10$, $0 \leq \gamma \leq 4$, $4 \leq \delta \leq 30$) で表される主要成分組成を有する R-T-N 系磁石粉末とバインダーとから実質的になることを特徴とする。このコンパウンドにより着磁性の良好な高性能の等方性ボンド磁石を得られる。前記 R-T-N 系磁石粉末が Th_2Zn_{17} 型又は Th_2Ni_{17} 型結晶構造を有する硬質磁性相を主相とし、前記主相の平均結晶粒径が $0.01 \sim 1 \mu m$ である場合に高強度の等方性ボンド磁石を得られる。また前記 R-T-N 系磁石粉末が $TbCu_{17}$ 型結晶構造を有する硬質磁性相を主相とし、前記主相の平均結晶粒径が $0.002 \sim 0.5 \mu m$ である場合に等方性ボンド磁石の (BH)max を高めることができる。

【0010】また本発明の等方性コンパウンドは、原子 % で $R_\alpha T_{100-(\alpha+\beta+\gamma+\delta)} M_\beta B_\gamma N_\delta$ (R が Sm, La 及び不可避的 R 成分からなり、La 含有量

が $0.05 \sim 2$ 原子 % であり、T は Fe、又は Fe 及び Co であり、M は Al, Ti, V, Cr, Mn, Cu, Ga, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W 及び Zn の群から選択される少なくとも 1 種であり、 $4 \leq \alpha \leq 15$, $0 \leq \beta \leq 10$, $0 \leq \gamma \leq 4$, $4 \leq \delta \leq 30$) で表される主要成分組成を有する R-T-N 系磁石粉末と、 $R'_2T'_{14}$ B 型金属間化合物 (R' は Y を含む希土類元素の少なくとも 1 種であり Nd を必ず含み、 T' は Fe、又は Fe 及び Co である) を主相とする平均結晶粒径が $0.01 \sim 0.5 \mu m$ の $R'-T'-B$ 系磁石粉末と前記 2 種の磁石粉末を結着するバインダーとから実質的になることを特徴とする。このコンパウンドにより成形してなる等方性ボンド磁石では R-T-N 系磁石粉末の寄与により着磁性が向上し、 $R'-T'-B$ 系磁石粉末の寄与により (BH)max を高めることができる。前記 R-T-N 系磁石粉末が Th_2Zn_{17} 型又は Th_2Ni_{17} 型結晶構造を有する硬質磁性相を主相とし、前記主相の平均結晶粒径が $0.01 \sim 1 \mu m$ である場合に、等方性ボンド磁石の強度を改良できる。また前記 R-T-N 系磁石粉末が $TbCu_{17}$ 型結晶構造を有する硬質磁性相を主相とし、前記主相の平均結晶粒径が $0.002 \sim 0.5 \mu m$ である場合に等方性ボンド磁石の (BH)max を高められる。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明の等方性ボンド磁石用の R-T-N 系磁石粉末として、主要成分組成が原子 % で $R_\alpha T_{100-(\alpha+\beta+\gamma+\delta)} M_\beta B_\gamma N_\delta$ (R が Sm, La 及び不可避的 R 成分からなり、La 含有量が $0.05 \sim 2$ 原子 % であり、T は Fe、又は Fe 及び Co であり、M は Al, Ti, V, Cr, Mn, Cu, Ga, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W 及び Zn の群から選択される少なくとも 1 種であり、 $4 \leq \alpha \leq 15$, $0 \leq \beta \leq 10$, $0 \leq \gamma \leq 4$, $4 \leq \delta \leq 30$) で表される組成物が選択される。以下に組成限定理由を説明する。

【0012】R には Sm 及び La を必ず含み、さらに Y, Ce, Pr, Nd, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb 及び Lu の群から選択される少なくとも 1 種を含むことが許容される。Sm ミッシュメタルやジウム等の 2 種以上の混合希土類合金を原料に用いてもよい。室温の固有保磁力 $iH_c \geq 397.9 kA/m$ ($5 kOe$) を得るために、R に占める Sm 比率は 50 原子 % 以上が好ましく、70 原子 % 以上がより好ましく、不可避的 R 成分を除いて $R = Sm + La$ の場合が特に好ましい。R 含有量 (α) は $4 \sim 15$ 原子 % が好ましく、 $6 \sim 12$ 原子 % がより好ましい。 α が 4 原子 % 未満では室温の $iH_c \geq 397.9 kA/m$ ($5 kOe$) を得ることが困難であり、15 原子 % 超では (BH)max が大きく低下する。R が Sm, La 及び不可避的 R 成分からなり、La 含有量が $0.05 \sim 2$ 原子 % のときに等方性ボンド磁石の着磁性が向上する。La 含有量が 0.05 原子 % 未満では着磁性が改善されず、2 原子 % 超では減磁曲線の角形 (Hk) が逆に低下する。これは前

記La含有量範囲のときに異方性磁界及び飽和磁束密度がわずかに低下するが、室温の1989.5kA/m (25kOe)以下で着磁した場合の(BH)_{max}及びH_kを高められるからである。H_kは4πI-H減磁曲線上(第2象限)の0.7BrにおけるHの値であり、減磁曲線の矩形性の尺度である。Brは残留磁束密度、Hは印加磁界の強さ、4πIは磁化の強さである。

【0013】Al, Ti, V, Cr, Mn, Cu, Ga, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W及びZnの群から選択される少なくとも1種からなるM元素の含有量(β)は0.5~10原子%が好ましく、1~4原子%がより好ましい。βが10原子%超ではThMn₁₂型のSm(Fe, M)₁₂N₄相が生成しiHcが大きく低下し、0.5原子%未満では実質的に添加効果を得られない。

【0014】B含有量(γ)は0.1~4原子%が好ましく、1~3原子%がより好ましい。γが0.1原子%未満では実質的に添加効果を得られず、4原子%超ではiHcが大きく低下する。

【0015】窒素の含有量(δ)は4~30原子%が好ましく、10~20原子%がより好ましい。δが4原子%未満及び30原子%超ではiHc、(BH)_{max}が大きく低下する。

【0016】キュリー温度及びiHcの温度係数を高めるために、Feの一部を0.01~30原子%のCoで置換することが好ましく、Co含有量は1~20原子%がより好ましい。Co含有量が30原子%超では(BH)_{max}、iHcが顕著に低下し、0.01原子%未満では実質的に添加効果を得られない。

【0017】以下にR-T-N系磁石粉末の製造方法について説明する。窒化に供するR-T系母合金はストリップキャスト法、超急冷法、鋳型鋳造法、又は還元/拡散法により製造できる。ストリップキャスト法による場合、例えば単ロール型又は双ロール型の溶湯急冷装置により、R-T系母合金溶湯を周速:0.05~10m/秒の冷却用ロール面(銅合金製等)に注湯して急冷凝固した、厚みが200μm超3mm以下のR-T系母合金薄帯が好ましい。αFeの発生を抑えるために冷却用ロールの周速を0.1~5m/秒にし、前記母合金薄帯の厚みを300μm~1mmにすることがより好ましい。この母合金薄帯に後述の水素化・分解反応及びそれに続く脱水素・再結合反応処理を施し、次いで窒化することにより、αFeの生成が抑えられ、Th₂Zn₁₇型又はTh₂Ni₁₇型結晶構造を有する硬質磁性相から実質的になり、前記硬質磁性相の平均結晶粒径が0.01~1μmであり、丸みを帯びて充填性に富む粒子形態のR-T-N系磁石粉末が得られる。超急冷法による場合、上記溶湯急冷装置により、冷却ロールの周速を15m/秒以上、好ましくは30m/秒以上、さらに好ましくは45m/秒以上、特に好ましくは50~120m/秒にし、かつストリップキャストの場合よりも注湯量を少なくし、得られるR-T系母合金薄片(フレーク)の厚みを5~200μm程度に薄くする

ことが好ましく、厚みを5~50μmにすることがより好ましい。この母合金薄片は超微結晶粒及び/又は非晶質状態にある。次に不活性ガス雰囲気中(窒素ガスを除く)又は真空中で、好ましくは400~800℃×0.1~300時間、より好ましくは600~800℃×0.2~10時間加熱(熱処理)して微結晶化し、次いで室温まで冷却する。次に窒化し、TbCu₇型結晶構造を有する硬質磁性相を主相とし、前記主相の平均結晶粒径が0.002~0.5μmであるR-T-N系磁石粉末を得られる。前記熱処理条件を外れると0.002~0.5μmの平均結晶粒径とすることが困難になる。鋳型鋳造法により得られるR-T系母合金インゴットにはαFe等が顕著に偏析しているので、前記インゴットを不活性ガス雰囲気中(窒素ガスを除く)で1010~1280℃×1~40時間の加熱条件で均質化熱処理し、室温まで冷却する。次に後述の水素化・分解反応、及びそれに続く脱水素・再結合反応処理を施し、次いで窒化すれば、αFeの生成が抑えられ、Th₂Zn₁₇型又はTh₂Ni₁₇型結晶構造を有する硬質磁性相から実質的になり、前記硬質磁性相の平均結晶粒径が0.01~1μmであり、丸みを帯びて充填性に富む粒子形態のR-T-N系磁石粉末を得られる。均質化熱処理条件が1010℃×1時間未満では均質化が不十分であり、1280℃×40時間超では酸化及びSmの蒸発等による組成ずれが顕著になる。還元/拡散法による場合は、例えばRの酸化物とFe又はFeの酸化物とを、上記R-Fe-N系磁石粉末に対応したR-Fe系母合金の主要成分組成に配合する。さらにRの酸化物及び必要に応じてFeの酸化物が化学反応式上100%還元される量(これを化学量論的必要量という)の0.5~2倍に相当する量の還元剤(Ca, Mg, CaH₂及びMgH₂の少なくとも1種)を前記配合物に添加し、混合する。次に混合物を不活性ガス雰囲気中で1000~1300℃×1~20時間加熱してRの酸化物等を還元し、続いて還元したRとFeとを十分に相互拡散させた後室温まで冷却する。還元剤の添加量が化学量論的必要量の0.5倍未満では工業生産上有益な還元反応が行えず、2倍超では最終的に磁粉に残留する還元剤量が増大し磁気特性の低下を招く。また不活性ガス雰囲気中での加熱条件が1000℃×1時間未満では工業生産上有益な還元/拡散反応が進行せず、1300℃×20時間超では還元/拡散反応炉の劣化が顕著になる。得られた還元/拡散反応生成物を洗浄液中に投入しCaO等の反応副生成物を洗い流し、次いで脱水及び真空乾燥を行い、還元/拡散法によるR-Fe系母合金を得られる。通常得られたR-T系母合金粉末の平均粒径は10~100μmであり、Ca含有量は0.4重量%以下であり、好ましくは0.2重量%以下、特に好ましくは0.1重量%以下にできる。酸素含有量は通常0.8重量%以下であり、好ましくは0.4重量%以下、特に好ましくは0.2重量%以下にできる。炭素含有量は通常0.3重量%以下であり、好ましくは0.2重量%以下、特に好ましくは0.1重量%以下

にできる。次に後述の水素化・分解反応、及びそれに続く脱水素・再結合反応処理を施し、次いで窒化すれば、 αFe の生成が抑えられ、 $\text{Th}_2\text{Zn}_{17}$ 型又は $\text{Th}_2\text{Ni}_{17}$ 型結晶構造を有する硬質磁性相から実質的になり、前記硬質磁性相の平均結晶粒径が $0.01\sim 1\mu\text{m}$ であり、丸みを帯びて充填性に富む粒子形態のR-T-N系磁石粉末を得られる。

【0018】水素化・分解反応及び脱水素・再結合反応処理条件を説明する。R-T系母合金に対し、 $1.0\times 10^4\sim 1.0\times 10^6\text{Pa}$ ($0.1\sim 10\text{atm}$) の水素ガス中又は水素ガス分圧を有する不活性ガス（窒素ガスを除く）中で $675\sim 900^\circ\text{C}\times 0.5\sim 8$ 時間加熱する水素化・分解反応処理と、続いて 1.3Pa ($1\times 10^{-2}\text{Torr}$) 以下の真空中で $700\sim 900^\circ\text{C}\times 0.5\sim 20$ 時間加熱する脱水素・再結合反応処理とを行う。水素化・分解反応により母合金を希土類元素Rの水素化物 RH_x 相などに分解する。続いて、脱水素・再結合反応により、母合金相に再結合させて平均再結晶粒径を $0.01\sim 1\mu\text{m}$ とした母合金にする。個々の再結晶粒子はランダムに配向する。水素化・分解反応の水素分圧が $1.0\times 10^4\text{Pa}$ (0.1atm) より大きいと分解反応が起こらず、 $1.0\times 10^6\text{Pa}$ (10atm) 未満では真空排気設備の大型化、コスト増を招く。よって水素分圧は $1.0\times 10^4\sim 1.0\times 10^6\text{Pa}$ ($0.1\sim 10\text{atm}$) が好ましく、 $5.0\times 10^4\sim 5.0\times 10^5\text{Pa}$ ($0.5\sim 5\text{atm}$) がより好ましい。水素化・分解反応の加熱条件が 675°C （ほぼ水素化分解下限温度） $\times 0.5$ 時間未満では母合金が水素を吸収するのみで RH_x 相などへの分解が起こらず、 $900^\circ\text{C}\times 8$ 時間超では脱水素後の母合金が粗大粒化し、等方性ボンド磁石の $i\text{Hc}$ が大きく低下する。よって、水素化・分解反応の加熱条件は $675\sim 900^\circ\text{C}\times 0.5\sim 8$ 時間が好ましく、 $675\sim 800^\circ\text{C}\times 0.5\sim 4$ 時間がより好ましい。脱水素・再結合反応の水素分圧が 1.3Pa ($1\times 10^{-2}\text{Torr}$) よりも大きいと処理に長時間を要し、 $1.2\times 10^{-3}\text{Pa}$ ($9\times 10^{-6}\text{Torr}$) 未満では真空排気設備の大型化、コスト増を招く。脱水素・再結合反応の加熱条件が $700^\circ\text{C}\times 0.5$ 時間未満では RH_x 等の分解が進行せず、 $900^\circ\text{C}\times 20$ 時間超では再結晶粒が粗大化し等方性ボンド磁石の $i\text{Hc}$ が大きく低下する。従って、脱水素・再結合反応の加熱条件は $700\sim 900^\circ\text{C}\times 0.5\sim 20$ 時間が好ましく、 $800\sim 900^\circ\text{C}\times 0.5\sim 5$ 時間がより好ましい。水素化・分解反応及びそれに続く脱水素・再結合反応処理を施した後、必要に応じて粉碎し、次いで分級又は篩分を行い粒径分布を調整し窒化に供する。

【0019】窒化の条件を以下に説明する。窒化は、 $2.0\times 10^4\sim 1.0\times 10^6\text{Pa}$ ($0.2\sim 10\text{atm}$) の窒素ガス、水素が $1\sim 95$ モル%で残部が窒素からなる（水素+窒素）の混合ガス、 NH_3 のモル%が $1\sim 50\%$ で残部水素からなる（ NH_3 +水素）の混合ガスのいずれかの雰囲気中で $300\sim 650^\circ\text{C}\times 0.1\sim 30$ 時間加熱するガス窒化が実用性に富んでいる。ガス窒化の加熱条件は $300\sim 650^\circ\text{C}\times 0.1$

~ 30 時間が好ましく、 $400\sim 550^\circ\text{C}\times 0.5\sim 20$ 時間がより好ましい。 $300^\circ\text{C}\times 0.1$ 時間未満では窒化が進行せず、 $650^\circ\text{C}\times 30$ 時間超では逆にRN相を生成し $i\text{Hc}$ が低下する。窒化ガスの圧力は $2.0\times 10^4\sim 1.0\times 10^6\text{Pa}$ ($0.2\sim 10\text{atm}$) が好ましく、 $5.0\times 10^4\sim 5.0\times 10^5\text{Pa}$ ($0.5\sim 5\text{atm}$) がより好ましい。圧力が $2.0\times 10^4\text{Pa}$ (0.2atm) 未満では窒化反応が非常に遅くなり、 $1.0\times 10^6\text{Pa}$ (10atm) 超では高圧ガス設備の大型化、コスト増を招く。窒化後に、真空中あるいは不活性ガス雰囲気中（窒素ガスを除く）で $300\sim 600^\circ\text{C}\times 0.5\sim 50$ 時間の熱処理を行うと $i\text{Hc}$ を高めることができる。こうして得られたR-T-N系磁石粉末には $0.01\sim 10$ 原子%の水素の含有が許容される。

【0020】R-T-N系磁石粉末の平均粒径は $5\sim 30\mu\text{m}$ が好ましく、 $10\sim 100\mu\text{m}$ がより好ましく、 $10\sim 50\mu\text{m}$ が特に好ましい。平均粒径が $5\mu\text{m}$ 未満では酸化が顕著になり $(\text{BH})_{\text{max}}$ が低下し、平均粒径が $300\mu\text{m}$ 超では表面性が悪化し磁気ギャップの小さい用途に適用できない場合が発生する。

【0021】R-T-N系磁石粉末が $\text{Th}_2\text{Zn}_{17}$ 型又は $\text{Th}_2\text{Ni}_{17}$ 型結晶構造を有する硬質磁性相を主相とする場合は、 $(\text{BH})_{\text{max}}$ 及び $i\text{Hc}$ を高めるために、前記主相の平均結晶粒径を $0.01\sim 1\mu\text{m}$ とすることが好ましく、 $0.01\sim 0.3\mu\text{m}$ とすることがより好ましい。工業生産上平均結晶粒径を $0.01\mu\text{m}$ 未満にした2-17型結晶相を得ることは困難であり、 $1\mu\text{m}$ 超では室温の $i\text{Hc}$ が 39.7kA/m (5kOe) 未満になる。平均結晶粒径を制御することに加えて、このR-T-N系磁石粉末の αFe の含有比率を極力低減することが $(\text{BH})_{\text{max}}$ 、 $i\text{Hc}$ を高めるために必須である。R-T-N系磁石粒子の断面組織における αFe の平均面積率を 5% 以下、好ましくは 2% 以下、特に好ましくは 1% 以下とするために、R含有量(α)を $8\sim 15$ 原子%にすることがよい。

【0022】R-T-N系磁石粉末が TbCu_7 型結晶構造を有する硬質磁性相を主相とする場合は、 $(\text{BH})_{\text{max}}$ 及び $i\text{Hc}$ を高めるために、前記主相の平均結晶粒径を $0.002\sim 0.5\mu\text{m}$ とすることが好ましく、 $0.005\sim 0.05\mu\text{m}$ とすることがより好ましい。前記主相の平均結晶粒径が $0.002\mu\text{m}$ 未満及び $0.5\mu\text{m}$ 超のものは工業生産上製造が困難である。なお硬質磁性相がR、T及びNを主体とし、不可避的不純物相以外は TbCu_7 型結晶相からなることが好ましいが、硬質磁性相が TbCu_7 型結晶相を主相とする場合は $\text{Th}_2\text{Zn}_{17}$ 型及び/又は $\text{Th}_2\text{Ni}_{17}$ 型結晶相との混晶から硬質磁性相が構成される場合も本発明に包含される。M元素は主に硬質磁性相中に存在するが、軟質磁性相(T相)中に存在する場合もある。R-T-N系磁石粉末が不可避的不純物相以外は TbCu_7 型硬質磁性相から構成されるために、R含有量(α)を $8\sim 15$ 原子%にすることが好ましい。またR-T-N系磁石粉末が不可避的不純物相以外は TbCu_7

型硬質磁性相とbcc構造の軟質磁性相とから構成されるために、R含有量(α)を4原子%以上8原子%未満にすることが好ましく、5~7原子%にすることがより好ましい。軟質磁性相はbcc(体心立方晶)構造のT相であり、 α -Feであるか、あるいは α -Feの一部がCo、M元素あるいはR元素等で置換されたものと判断される。軟質磁性相の平均結晶粒径が好ましくは0.002~0.06 μ m、さらに好ましくは0.005~0.04 μ mのときに従来に比べて着磁性が改良され、高い(BH)_{max}及び室温における397.9kA/m(5kOe)以上のiHcを得られ、このR-T-N系磁石粉末は結晶磁気異方性が高い硬質磁性相と飽和磁化が高い軟質磁性相との混在する超微結晶粒組織からなるので硬質磁性相と軟質磁性相との界面が多数形成され、顕著な交換異方性を生じていると判断される。軟質磁性相の平均結晶粒径が0.002 μ m未満のものは工業生産上製造が困難であり、0.06 μ m超ではiHcが顕著に劣化する。(TbCu₇型硬質磁性相): (bcc構造の軟質磁性相)の比率は、平均面積率で90~40%:10~60%が好ましく、90~65%:10~35%がより好ましい。軟質磁性相の割合が10%未満では軟質磁性相の寄与によるBr, (BH)_{max}の向上効果が実質的に得られず、60%超では室温において397.9kA/m(5kOe)以上のiHcを得ることが困難になる。

【0023】軟質磁性相、硬質磁性相及び α -Fe等の平均面積率は下記の要領で面積分析法により算出する。また同時に相の同定を行う。まず、R-T-N系磁石粉末粒子の断面組織を透過型電子顕微鏡により観察し、撮影した断面写真を画像解析して算出する。次に、断面写真の測定対象視野中に存在する軟質磁性相(又は硬質磁性相又は α -Fe等)の結晶粒の数(n)及び各結晶粒の断面積の合計(S)を、画像解析により算出する。次に、軟質磁性相(又は硬質磁性相又は α -Fe等)の結晶粒1個あたりの平均断面積(S/n)を算出し、面積が(S/n)である円の直径(D)を平均結晶粒径と定義する。またn=50とする。すなわち、平均結晶粒径(D)は、式: $\pi(D/2)^2=S/n$ から算出する。

【0024】R'-T'-B系等方性磁石粉末は例えば以下のようにして製造できる。まず、R'₂T'₁₄B型金属間化合物(R'はYを含む希土類元素の少なくとも1種でありNdを含み、T'はFe、又はFe及びCoである)を主相とする所定組成に調整されたR'-T'-B系合金溶湯を超急冷し、実質的に非晶質の薄片を作製する。次にArガス雰囲気中又は真空中で550~800℃×0.5~20時間加熱し、次いで室温まで冷却する熱処理を行い、平均結晶粒径を0.01~0.5 μ mに調整する。前記熱処理条件を外れると平均結晶粒径を0.01~0.5 μ mに調整することが困難になり、等方性ボンド磁石の(BH)_{max}, iHcを高めることが困難になる。次に平均粒径10~300 μ m、好ましくは平均粒径50~150 μ mの粉末に粉碎し、必要に応じて分級又は篩分し等方性ボンド磁

石用に供する。平均粒径が10 μ m未満では酸化による磁気特性の劣化が顕著になり、平均粒径が300 μ m超では磁気ギャップの小さい用途に適用できない場合を生じる。R'-T'-B系磁石粉末の主要成分組成は、原子%で、R':8~16%, B:4~11%, 10%以下のM'元素(M'はAl, Si, Nb, W, V, Mo, Ta, Zr, Hf, P, C, Zn及びCuの群から選択される少なくとも1種)、及び残部T'(Coは30%以下)とすることが等方性ボンド磁石の(BH)_{max}, iHcを高めるために好ましい。R'に占めるNdの比率は50原子%以上が好ましく、またR'はNd, Pr及び不可避的R成分からなる場合が実用性が高い。その他不可避的不純物の含有が許容される。

【0025】本発明の等方性ボンド磁石(コンパウンド)のバインダーとして熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂、ゴム材料又は上記磁石粉末のキュリー温度よりも低い融点の合金を用いることができる。このうち、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂又はゴム材料が実用性が高い。熱硬化性樹脂として液状樹脂が特に適している。具体例を挙げれば、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、ポリエステル樹脂、フェノール樹脂、フッ素樹脂又はケイ素樹脂の液状樹脂がよい。特に、液状エポキシ樹脂は取り扱いが容易で良好な耐熱性を示し、安価であるため最もよい。固形(粉末状)樹脂では粘性が無いため、混練物を押出装置のノズル穴から押出すことが容易でない。熱可塑性樹脂として、ポリアミド樹脂(ナイロン6、ナイロン66、ナイロン11又はナイロン12等)、ポリフェニレンサルファイド樹脂、液晶ポリマー樹脂、熱可塑性ポリイミド樹脂又はエチレン-エチルアクリレート共重合体樹脂等が挙げられる。ゴム材料として、天然ゴム、イソブレンゴム、ブタジエンゴム、スチレン-ブタジエンゴム、ブチルゴム、エチレン-プロピレンゴム、ニトリルゴム、アクリルゴム、ウレタンゴム、クロロブレンゴム又はハイパロン等が挙げられる。

【0026】磁石粉末とバインダーとの配合比率は特に限定されないが、(磁石粉末):(バインダー)=(80重量部超99.5重量部以下):(20重量部未満0.5重量部以上)が好ましく、88~98重量部:12~2重量部がより好ましい。バインダー量が0.5重量部未満では磁石粒子の周囲を十分に覆うことができず、磁気特性及び密度が逆に低下する。バインダー量が20重量%以上ではバインダーが過多になり有用な磁気特性を得ることが困難になる。磁石粉末がR-T-N系磁石粉末とR'-T'-B系磁石粉末との混合磁粉からなる場合、両者の配合比率は、(R-T-N系磁石粉末):(R'-T'-B系磁石粉末)=10~90重量部:90~10重量部が好ましく、20~80重量部:80~20重量部がより好ましい。R-T-N系磁石粉末の比率が10重量部未満では着磁性の改善が困難になり、R'-T'-B系磁石粉末の比率が10重量部未満では(BH)_{max}をさらに高めることが困難に

なる。

【0027】本発明の等方性コンパウンドは例えば以下のようにして製造できる。末端に直径300 μ m以下のノズル穴7（吐出口）を付設した図2（a）の押出装置に予備混練し、造粒したコンパウンドのペレットを投入する。投入物は押出装置中で混練されつつノズル穴7に向かって搬送され、最終的にノズル穴7から強制的に押出される。ノズル穴7から押出される際に押出物はノズル穴7から強い圧縮力を受けるので緻密化し、磁粉粒子の充填密度が高まる。ノズル穴7から押出されたものは断面が略円柱状になり、かつ自重で所定の長さで切れて長い円柱状のコンパウンド（図2のP）になる。これを図3（b）の整粒装置に回収し、切断し、整粒することにより本発明の等方性コンパウンドが得られる。切断及び整粒作業にはマルメライザー（不二パウダル（株）製、商品名：マルメライザー）が適している。整粒したコンパウンドの単位重量あたり、潤滑剤（ステアリン酸カルシウム等）を0.01～0.5重量%添加すると良好な流動性及び圧力伝達性を得られるので好ましい。潤滑剤の添加量が0.01重量%未満では潤滑効果を得られず、0.5重量%超では潤滑効果が飽和する。こうして得られたコンパウンドにより成形を行い、得られる等方性ボンド磁石は1成形品内での密度ばらつきが非常に小さくなり、かつ良好な成形寸法精度（真円度、 R_{max} 等）を有するものになる。これは整粒したコンパウンドの粒子形態が最大径 a と最小径 b の比（ a/b ）が1.00を超えて3以下であり、かつ $(a+b)/2$ で定義する平均粒径が50～300 μ mになり丸みを帯びるからである。（前記磁石粉末+バインダー）=100重量%として、この整粒したコンパウンドに占めるバインダーの配合比率が0.5重量%以上、20重量%未満の場合に、コンパウンドの1粒中に最小径が10～300 μ mの磁粉粒子が平均10個以上含まれ、等方性ボンド磁石の磁気特性及び寸法精度を改善することができる。なお、模式的に図4に示すように、コンパウンド、磁石粉末粒子又はノズル穴の断面写真において、その最大長を最大径と定義する。また最小径とは最大径に直交する方向の最大長をいう。コンパウンドの形態は例えば走査型電子顕微鏡により観察し確認する。コンパウンドの（ a/b ）が3を超えると長細の形状になり流動性（給粉性）が大きく低下し、（ a/b ）が1.0 40 0のものは工業生産上製造が困難である。コンパウンドの平均粒径： $(a+b)/2$ はノズル穴寸法により制約されるため、50～300 μ mが適当である。50 μ m未満では押出が困難な場合があり、300 μ m超ではコンパウンドの流動性及び磁気特性が低下する。ノズル穴の作製はドリル加工によるのが実用的であるが、レーザー加工又は電子ビーム加工によるとノズル穴の寸法精度を高められるので好ましい。コンパウンドの平均粒径に対応してノズル穴の直径は50～300 μ mが好ましい。ノズル穴の断面形状は楕円、矩形又は不定形で 50

もよいが、いずれにしろノズル穴の断面形状において最大径を300 μ m以下、最小径を50 μ m以上にすることがコンパウンドの流動性及び圧力伝達性を改善するために好ましい。ノズル穴の詰まりを克服できる範囲内でノズル穴の直径が小さいほどコンパウンドの流動性を高めることができる。押出時のノズル穴の詰まり防止のために、ノズル穴寸法よりもコンパウンドに配合する磁石粉末の粒径分布を細かくしておく必要があり、篩分あるいは分級し粒径分布を調整する。

【0028】寸法精度（真円度、 R_{max} ）仕様の緩い用途には押出、切断及び整粒工程を経ない予備混練ペレットを用いることが実用的である。

【0029】等方性ボンド磁石のバインダーが熱可塑性樹脂の場合、成形体に大気中又は不活性ガス雰囲気中で70～200℃×0.5～5時間の熱処理を施した後、室温まで冷却する。この熱処理により、等方性ボンド製品の経時的な寸法変化や割れ等を抑えることができる。またバインダーに熱硬化性樹脂を用いた場合、成形体に大気中又は不活性ガス雰囲気中で100～200℃×0.5～5時間の加熱硬化処理を施した後、室温まで冷却する。加熱硬化条件が100℃×0.5時間未満では加熱硬化の重合反応が不十分であり、200℃×5時間超では熱処理の効果が飽和する。アルゴンガス雰囲気中での加熱硬化処理により（BH） $_{max}$ を高められるので特に好ましい。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、実施例により本発明を詳しく説明するが、それらの実施例により本発明が限定されるものではない。

【0031】La含有量と着磁性との関係を調査した実施例を説明する。

（実施例1）純度99.9%以上のSm, La, Fe, Ti及びBを用い、下記の窒化磁石粉末に対応する組成に調整した母合金溶湯を双ロール式ストリップキャスターの周速：0.5m/秒の冷却用ロール面（直径300mm、銅合金製）に注湯し、急冷凝固した母合金薄帯を得た。得られた母合金薄帯に 1.0×10^5 Pa（1atm）の水素ガス雰囲気中で675℃×1時間の水素化・分解反応処理を行い、続いて4.0～8.0Pa（ $3 \sim 6 \times 10^{-2}$ Torr）の真空中で790℃×1.5時間の脱水素・再結合反応処理を行った。次にアルゴンガス雰囲気中でジョークラッシャー及びディスクミルにより粉碎し、次いで200 μ mに篩分した。次に 1.0×10^5 Pa（1atm）の窒化ガス雰囲気中で440℃×10時間加熱する窒化を行い、次いで室温に冷却した。次にアルゴンガス気流中で400℃×30分間熱処理後室温まで冷却し、平均結晶粒径が0.18 μ mの Th_2Zn_{17} 型結晶構造の硬質磁性相から実質的になり、 $Sm_{0.2}La_{0.05}Fe_{0.1}Ti_{2.7}B_{1.0}N_{12.7}$ で示される主要成分組成を有する平均粒径20 μ mの窒化磁石粉末を得た。この磁石粉末の αFe は平均面積率で0.01%であった。次に前記窒化磁石粉末：

93.5重量部、天然ゴム：2.5重量部、ニトリルゴム：2.0重量部、塩素化ポリエチレン：1.94重量部、ビスフェノール型エポキシ樹脂：0.05重量部、及びステアリン酸カルシウム：0.01重量部を配合し、加熱・加圧型ニーダーによりアルゴンガス雰囲気中で混練し、次いで粒径5mm以下に粉碎したコンパウンドを得た。次にコンパウンドを図5の約90℃に加熱したコンパウンド搬送装置60に投入し、その吐出口61から軟化状態のコンパウンド62を大気中の50℃に加熱したロール64、64の間に供給して圧延し、厚さ3.0mm、幅約100mmのシート状成形体70を得た。次に揮発性不純物を除去するために大気中で50℃×10時間加熱し、次いで大気中で加硫処理（150℃×2時間）を行い、その後室温まで冷却した。得られたシート状等方性ボンド磁石を室温（25℃）、着磁磁界強度：1.9MA/m（25kOe）で着磁し、得られた(BH)_{max}=28.7kJ/m³（3.6MG0e）であった。

【0032】（実施例2）主要成分組成を変えた以外は実施例1と同様にして、平均粒径が20μm、平均結晶粒径が0.18μmのTh₂Zn₁₇型結晶構造の硬質磁性相から実質的になり、αFeの含有率が平均面積率で0.02%であり、Sm_{0.5}La_{0.7}Fe_{0.81}Ti_{2.7}B_{1.0}N_{12.5}で示される主要成分組成の窒化磁石粉末を得た。この磁粉粒子を走査型電子顕微鏡で撮影した写真を図8（a）に示す。図8（a）より丸みを帯びた粒子形態であることがわかる。次に、この窒化磁粉：93.5重量部、天然ゴム：2.5重量部、ニトリルゴム：2.0重量部、塩素化ポリエチレン：1.94重量部、ビスフェノール型エポキシ樹脂：0.05重量部、及びステアリン酸カルシウム：0.01重量部を配合し、以降は実施例1と同様にしてコンパウンドを作製し、圧延し、厚さ3.0mmのシート状等方性ボンド磁石を作製した。次に、室温（25℃）、1.9MA/m（25kOe）で着磁し、得られた(BH)_{max}=31.8kJ/m³（4.0MG0e）、iHc=748.1kA/m（9.4kOe）であった。また密度は5.4Mg/m³（g/cm³）であった。次に室温（25℃）において前記シート状ボンド磁石の着磁磁界強度を変化させたときの(BH)_{max}の変化を図6に示す。次に前記シート状ボンド磁石を所定形状に切断し、積層してパーミアンス係数(Pc)=2の試料を作製した。次に各試料をそれぞれ室温（25℃）で(BH)_{max}が飽和する条件で着磁した。次いでサーチコイルとデジタル磁束計とを用いて開放磁束量(Φ₁)を測定した。次に大気中で100℃×1～300時間加熱後室温まで冷却する大気中加熱を行った。次に大気中加熱後の各試料の開放磁束量(Φ₂)を測定し、下記式により不可逆減磁率を求めた。

$$\text{不可逆減磁率} = [(\Phi_2 - \Phi_1) / \Phi_1] \times 100 (\%)$$

Φ₁：大気中加熱前の室温における開放磁束量（kMxT）

Φ₂：大気中加熱後の室温における開放磁束量（kMxT）

不可逆減磁率の測定結果を図7に示す。

〔マグネットロールの作製及び評価〕次に、前記シート

状ボンド磁石を用いて構成した現像ロール装置について説明する。図10は本発明のマグネットロールを組み込んだ代表的な現像ロール装置80を示す要部断面図であり、図11は図10のA-A線矢視断面図である。現像ロール装置80は、軸方向に延びた溝部87を有する外径20.0mm、長さ220.0mmの極異方性フェライトボンド磁石88と、前記シート状ボンド磁石を厚み3.0mm、幅3.0mm、長さ220.0mmに切断し、溝部87に固着してなる現像磁極（N₁）用磁石89と、極異方性フェライトボンド磁石88の内径側に挿入された強磁性のシャフト86（S45C製）とからなるマグネットロール81と、マグネットロール81を収容する円筒状スリーブ82と、円筒状スリーブ82の両端部に設けた一对のフランジ部83a、83bと、フランジ部83a、83bの内周面に設けた軸受84a、84bとを有し、シャフト86は軸受84a、84bにより回転自在に支持されている。一方のフランジ部83bの端面にはシール部材（オイルシール）85が設けてある。マグネットロール81の外周面軸線方向には延在する磁極が計4極形成され、非磁性のスリーブ82及びフランジ部83a、83bはアルミニウム合金製である。現像ロール装置80はマグネットロール81とスリーブ82との相対的回転により、例えばマグネットロール81を固定し、スリーブ82を回転させて、スリーブ82の外周面に磁性現像剤を吸着させ、磁性現像剤を現像領域（図示省略の画像担体とスリーブ82とが対向する領域）まで搬送し、静電荷像を顕像化している。マグネットロール81の着磁をシート状ボンド磁石89を固着した状態で行えるので着磁効率を向上することができる。マグネットロール81には図11中の点線で例示される閉磁路90が形成され、スリーブ82上に強力な磁界が発生する。95は磁気空隙である。マグネットロール81の軸方向中央部付近において外周面のN₁磁極表面の軸方向100mmの範囲の表面磁束密度（Bo）を測定した結果、Boの平均値で0.18T（1800G）という高い値が得られた。また、Boのばらつき（dBo）は0.005T（50G）未満であり良好であった。次に、現像ロール装置80を複写機に搭載し、10000枚複写後、マグネットロール81を構成するシート状ボンド磁石89の外観を調べたが正常であり、磁力劣化はなかった。

【0033】（実施例3）主要成分組成を変えた以外は実施例1と同様にして、表1に示す平均粒径約20μmの窒化磁石粉末を作製し、シート状等方性ボンド磁石を作製し、磁気特性を測定した。測定結果を表1に示す。これらシート状ボンド磁石の密度は5.4～5.5Mg/m³（g/cm³）であった。また前記各磁粉はいずれも平均結晶粒径が約0.2μmのTh₂Zn₁₇型結晶構造の硬質磁性相から実質的になり、αFeの平均面積率は0.01～0.03%であった。

（比較例1）Th₂Zn₁₇型結晶構造の硬質磁性相

（平均結晶粒径：0.20μm）から実質的になり、Sm

0.2Fe_{0.81}Ti_{2.7}B_{1.0}N_{12.5}

で示される主要成分組成を有する平均粒径 $22\mu\text{m}$ の窒化磁石粉末を用いた以外は実施例1と同様にして厚さ 3.0mm のシート状等方性ボンド磁石を作製し、室温（ 25°C ）、着磁磁界強度： 1.9MA/m （ 25kOe ）で着磁し、得られた $(\text{BH})_{\text{max}}=25.4\text{kJ/m}^3$ （ 3.2MG0e ）であった。また実施例2と同様にして室温（ 25°C ）において着磁磁界強度を変化させた場合のシート状ボンド磁石の $(\text{BH})_{\text{max}}$ を図6に、不可逆減磁率を図7に示す。

（比較例2）La含有量=3.0原子%の主要成分組成と*

*した以外は実施例1と同様にして、表1の主要成分組成を有する平均粒径約 $20\mu\text{m}$ の窒化磁石粉末を作製し、シート状ボンド磁石を作製し、磁気特性を測定した。測定結果を表1に示す。また実施例2と同様にして、室温（ 25°C ）において着磁磁界強度を変化させた場合のシート状ボンド磁石の $(\text{BH})_{\text{max}}$ を図6に、不可逆減磁率を図7に示す。

【0034】

【表1】

	窒化磁粉組成 (原子%)	$(\text{BH})_{\text{max}}$ (kJ/m^3) (MG0e)	iHc (kA/m) (kOe)
実施例1	$\text{Sm}_{9.2}\text{La}_{0.05}\text{Fe}_{64.1}\text{Ti}_{2.7}\text{B}_{1.0}\text{N}_{12.7}$	28.7 3.6	771.9 9.7
実施例2	$\text{Sm}_{8.5}\text{La}_{0.7}\text{Fe}_{64.1}\text{Ti}_{2.7}\text{B}_{1.0}\text{N}_{12.5}$	31.8 4.0	748.1 9.4
実施例3	$\text{Sm}_{8.9}\text{La}_{0.3}\text{Fe}_{64.1}\text{Ti}_{2.7}\text{B}_{1.0}\text{N}_{12.7}$	31.0 3.9	748.1 9.4
	$\text{Sm}_{8.1}\text{La}_{1.1}\text{Fe}_{64.1}\text{Ti}_{2.7}\text{B}_{1.0}\text{N}_{12.6}$	31.0 3.9	732.1 9.2
	$\text{Sm}_{7.2}\text{La}_{2.0}\text{Fe}_{64.1}\text{Ti}_{2.7}\text{B}_{1.0}\text{N}_{12.6}$	29.5 3.7	636.6 8.0
比較例1	$\text{Sm}_{9.2}\text{Fe}_{64.1}\text{Ti}_{2.7}\text{B}_{1.0}\text{N}_{12.8}$	25.4 3.2	771.9 9.7
比較例2	$\text{Sm}_{6.2}\text{La}_{3.0}\text{Fe}_{64.1}\text{Ti}_{2.7}\text{B}_{1.0}\text{N}_{12.5}$	27.0 3.4	374.0 4.7

【0035】表1及び図6、7から、比較例1、2のシート状ボンド磁石に比べて実施例1～3のシート状ボンド磁石の着磁性が良好なことがわかる。また図7から、実施例2のシート状ボンド磁石は比較例1のシート状ボンド磁石と同等の良好な不可逆減磁率を有することがわかる。

【0036】（実施例4）実施例2の窒化磁粉97.5重量部と液状エポキシ樹脂2.5重量部とを配合し、混合した。次に混合物を約 90°C に加熱した二軸混練機に投入して予備混練し、造粒してペレットを得た。次に、得られたペレット1を約 90°C に加熱した図2（a）の押出装置に投入した。投入されたペレット1は軟化し、スクリー2の回転力により押出装置の先端のノズル4に向かって練られつつ搬送され、ノズル4に設けた直径 0.2mm の穴7から押出された。ノズル4は押出圧力を効率良く伝達するために半球のドーム型に形成されている。ノズル穴7から押出されたものは自重により自然に切れて、その直径に対する長さ寸法が $100\sim 500$ 倍の細長い押出物Pになった。また押出物Pの直径はほぼノズル穴7の直径相当であった。次に、押出物Pを図2（b）に示すマルメライザー（不二パウダル（株）製、商品名：マルメライザー）の回転盤11上に回収し、約 300r.p.m. で5分間回転処理した。この処理により、図3（a）に示すように、押出物Pは回転盤11の上面に設けた溝21、バッ

ルブレード12及びケーシング14の内面に接触又は衝突しながら回転移動し、最終的に押出物Pの長さ寸法がほぼその直径寸法に切断されつつ丸められ、整粒された。図3（a）は図2（b）のマルメライザーを上から見た図であり、図3（b）は回転盤11に形成された溝21を示す図であり、図3（c）はバッフルブレード12の配置角度を説明する図である。押出物Pは比重が大きいのので、回転処理中は主に周速の大きい回転盤11の周辺部の溝21にトラップされる。このトラップされた押出物Pはケーシング14にボルトで締結されたバッフルブレード12に衝突して運動エネルギーが与えられる。この運動エネルギーと遠心力と溝21のトラップ力との相互作用により、矢印で示すらせん運動Sが活発に起こり、押出物Pがほぼその直径の長さでかつ丸められた整粒になる。整粒を効率よく行うために、バッフルブレード12の中心位置Cと回転盤11の回転中心位置Oとを結ぶ直線Qに対し、バッフルブレード12を角度 θ 傾けることが好ましい。具体的には、 $\theta=30\sim 70$ 度が好ましく、 $\theta=40\sim 50$ 度がより好ましい。バッフルブレード12は必要に応じて1つ又は2つ以上設置する。またトラップ力を発生させるために、溝21の幅Wは $0.4\sim 1.2\text{mm}$ が好ましく、 0.8mm が特に好ましい。溝21の深さDは $0.6\sim 1.0\text{mm}$ が好ましく、 0.8mm が特に好ましい。間隔Iは $0.4\sim 2\text{mm}$ が好ましく、 0.8mm が特に好ましい。整粒したコンパウンドは

若干粘性を有するので、 $120^{\circ}\text{C} \times 1$ 時間の加熱処理を施した後、ステアリアン酸カルシウムを0.05重量部添加し次いで軽く混合し、成形用のコンパウンドとした。この加熱処理は $80 \sim 150^{\circ}\text{C} \times 0.5 \sim 5$ 時間が好ましく、 $90 \sim 120^{\circ}\text{C} \times 0.5 \sim 1.5$ 時間がより好ましい。 $80^{\circ}\text{C} \times 0.5$ 時間未満では粘性の除去が十分ではなく、 $150^{\circ}\text{C} \times 5$ 時間超では重合が過度に進行して等方性ボンド磁石の密度が低下する。整粒型コンパウンドの製造工程を図1に示す。前記の整粒したコンパウンドの200粒を任意にサンプリングし、それらの外観を走査型電子顕微鏡で写真撮影し、評価した。その結果、各コンパウンド粒の最大径 a と最小径 b との比(a/b)はいずれも1.00を超えて3以内であり、平均粒径： $(a+b)/2$ は $170\mu\text{m}$ であった。また整粒したコンパウンドの代表的なものをアセトン中に浸して樹脂分を除き、磁粉粒子の充填数をカウントした結果、コンパウンド1粒中に含まれる磁粉粒子は最大径が $8 \sim 43\mu\text{m}$ であり、 $25 \sim 85$ 個含まれていた。次に、整粒したコンパウンドを実施例1と同様に約 90°C に加熱したコンパウンド搬送装置60に投入し、その吐出口61から軟化状態のコンパウンドを大気中の 50°C に加熱したロー

ール64、64の間に供給して圧延し、厚み2.6mm、幅約100mmのシート状成形体を得た。次に大気中で $150^{\circ}\text{C} \times 1$ 時間加熱硬化し、室温まで冷却した。このシート状成形体の表面あらさ(JIS B 0601により規定される最大高さ： R_{max})を測定したところ $R_{\text{max}} = 2 \sim 5\mu\text{m}$ であった。次に厚み2.6mm、幅3.0mm、長さ220.0mmの寸法に切断し、図11のマグネットロール81の現像磁極(N_1)を構成するシート状ボンド磁石89に替えて組み込み、マグネットロールを構成した。次にマグネットロールの軸方向中央部付近における外周面の N_1 磁極表面の軸方向100mmの範囲の表面磁束密度(B_0)を測定し、得られた B_0 (平均値)を表2に示す。

【0037】(比較例3) 比較例1の窒化磁粉を用いた以外は実施例4と同様にして整粒したコンパウンドを作製し、厚み2.6mm、幅3.0mm、長さ220.0mmの寸法のシート状ボンド磁石を作製し、図11のマグネットロール81の現像磁極(N_1)を構成するシート状ボンド磁石89に替えて組み込み、マグネットロールを構成した。このマグネットロールの軸方向中央部付近における外周面の N_1 磁極表面の軸方向100mmの範囲の表面磁束密度(B_0)を測定し、得られた B_0 (平均値)を表2に示す。

【0038】(実施例5) 純度99.9%以上のSm, La, Fe, Co及びZrを用いて高周波誘導加熱により下記の窒化磁石粉末に対応する母合金の主要成分組成に溶解した溶湯を、単ロール型の溶湯急冷装置の冷却用ロール面(Be-Cu合金製、周速60m/秒)に注湯して超急冷し、厚さ約 $15\mu\text{m}$ 、幅約2mmの非晶質相からなる母合金フレークを得た。次に、アルゴンガス雰囲気中で $720^{\circ}\text{C} \times 1$ 時間熱処理し、次いで室温まで冷却した。

次に熱処理後の母合金を平均粒径約 $100\mu\text{m}$ に粉碎した。次に1atmの窒化ガス中で $450^{\circ}\text{C} \times 20$ 時間加熱して窒化し、次いで室温まで冷却し等方性の窒化磁石粉末を得た。この磁石粉末は原子%で $\text{Sm}_{5.3}\text{La}_{0.7}\text{Fe}_{6.1}\text{Co}_{5.0}\text{Zr}_{3.5}\text{Ni}_{14.7}$ で示される主要成分組成を有し、X線回折(Cu-K α 線を使用)及び透過型電子顕微鏡観察の結果から、TbCu $_7$ 型窒化磁石相及び $\alpha\text{-Fe}$ からなることがわかった。この磁石粉末のTbCu $_7$ 型窒化磁石相の平均結晶粒径は 55nm であり、平均面積率は86.9%であった。また αFe の平均結晶粒径は 23nm であり、平均面積率は13.1%であった。この窒化磁粉を用いた以外は実施例4と同様にして整粒したコンパウンドを作製し、厚み2.6mm、幅3.0mm、長さ220mmの寸法のシート状ボンド磁石を作製し、図11のマグネットロール81の現像磁極(N_1)を構成するシート状ボンド磁石89に替えて組み込み、マグネットロールを構成した。このマグネットロールの軸方向中央部付近における外周面の N_1 磁極表面の軸方向100mmの範囲の表面磁束密度(B_0)を測定し、得られた B_0 (平均値)を表2に示す。

【0039】(実施例6) 実施例5の窒化磁粉97.5重量部と液状エポキシ樹脂2.5重量部とを配合し、混合した。次に混合物を約 90°C に加熱した二軸混練機に投入して予備混練し、造粒したペレットを得た。このペレットを用いた以外は実施例5と同様にして厚み2.6mm、幅3.0mm、長さ220.0mmの寸法のシート状ボンド磁石を作製し、図11のマグネットロール81の現像磁極(N_1)を構成するシート状ボンド磁石89に替えて組み込み、マグネットロールを構成した。このマグネットロールの軸方向中央部付近における外周面の N_1 磁極表面の軸方向100mmの範囲の表面磁束密度(B_0)を測定し、得られた B_0 (平均値)を表2に示す。

【0040】(実施例7) 実施例2の窒化磁粉50重量部と、平均結晶粒径が $0.09\mu\text{m}$ であり主要成分組成が $\text{Nd}_{12.8}\text{Fe}_{6.1}\text{B}_{6.5}\text{Nb}_{1.5}$ で示される、Nd $_2$ Fe $_{14}$ B型金属間化合物を主相とする等方性の磁石粉末50重量部とを配合し、混合磁粉を作製した。この混合磁粉を用いた以外は実施例4と同様にして整粒したコンパウンドを作製し、厚み2.6mm、幅3.0mm、長さ220.0mmの寸法のシート状ボンド磁石を作製し、図11のマグネットロール81の現像磁極(N_1)を構成するシート状ボンド磁石89に替えて組み込み、マグネットロールを構成した。このマグネットロールの軸方向中央部付近における外周面の N_1 磁極表面の軸方向100mmの範囲の表面磁束密度(B_0)を測定し、得られた B_0 (平均値)を表2に示す。

【0041】(実施例8) 実施例7の混合磁粉97.5重量部と液状エポキシ樹脂2.5重量部とを配合し、混合した。次に混合物を約 90°C に加熱した二軸混練機に投入して予備混練し、造粒したペレットを得た。このペレット

を用いた以外は実施例7と同様にして厚み2.6mm、幅3.0mm、長さ220.0mmの寸法のシート状ボンド磁石を作製し、図11のマグネトロール81の現像磁極

(N₁)を構成するシート状ボンド磁石89に替えて組み込み、マグネトロールを構成した。このマグネトロールの軸方向中央部付近における外周面のN₁磁極表面の軸方向100mmの範囲の表面磁束密度(Bo)を測定し、得られたBo(平均値)を表2に示す。

【0042】(実施例9)実施例5の窒化磁粉50重量部と、平均結晶粒径が0.09μmであり主要成分組成がNd_{1.2}Fe_{6.1}B_{6.5}Nb_{1.5}で示される、Nd₂Fe₁₄B型金属間化合物を主相とする等方性の磁石粉末50重量部とを配合し、混合磁粉を作製した。この混合磁粉を用いた以外は実施例4と同様にして整粒したコンパウンドを作製し、厚み2.6mm、幅3.0mm、長さ220.0mmの寸法のシート状ボンド磁石を作製し、図11のマグネトロール81の現像磁極(N₁)を構成するシート状ボンド磁石89に替えて組み込み、マグネトロール

*ールを構成した。このマグネトロールの軸方向中央部付近における外周面のN₁磁極表面の軸方向100mmの範囲の表面磁束密度(Bo)を測定し、得られたBo(平均値)を表2に示す。

【0043】(実施例10)実施例9の混合磁粉97.5重量部と液状エポキシ樹脂2.5重量部とを配合し、混合した。次に混合物を約90℃に加熱した二軸混練機に投入して予備混練し、造粒したペレットを得た。このペレットを用いた以外は実施例9と同様にして厚み2.6mm、幅3.0mm、長さ220.0mmの寸法のシート状ボンド磁石を作製し、図11のマグネトロール81の現像磁極

(N₁)を構成するシート状ボンド磁石89に替えて組み込み、マグネトロールを構成した。このマグネトロールの軸方向中央部付近における外周面のN₁磁極表面の軸方向100mmの範囲の表面磁束密度(Bo)を測定し、得られたBo(平均値)を表2に示す。

【0044】

【表2】

	コンパウンド (ペレット)	マグネトロールの 現像磁極のBo(T/G)
実施例4	イ	0.183/1830
比較例3	イ	0.175/1750
実施例5	イ	0.184/1840
実施例6	ロ	0.176/1760
実施例7	イ	0.195/1950
実施例8	ロ	0.188/1880
実施例9	イ	0.196/1960
実施例10	ロ	0.189/1890

イ：図2の押出装置のノズル穴より押出し、切断し、

整粒したコンパウンド。

ロ：予備混練のみのペレット。

【0045】表2の実施例5と6、7と8、9と10の比較から、図2の押出装置のノズル穴から押出し、切断し、整粒したコンパウンドを用いて得られたシート状ボンド磁石を切断したものを現像磁極(N₁)に配置し、構成したマグネトロールのBo(平均値)が高くなることからわかる。また比較例3に比べて、Laを所定量含有する窒化磁粉を配合したシート状ボンド磁石をマグネトロールの現像磁極に配置した実施例4～10のいずれでもBoが高いことがわかる。またNd-Fe-B系磁粉を50%配合した場合の実施例7～10で特に高いBoが得られた。また実施例4、5、7、9の各シート状ボンド磁石のR_{max}はいずれも10μm未満であり、実施例6、8、10の各シート状ボンド磁石のR_{max}はいずれも15μm超であった。

【0046】(実施例11)本発明のマグネトロールの他の構成を示す図12(a)のマグネトロール119を以下のようにして作製できる。まず、シャフト118に固着された円筒状の等方性フェライト焼結磁石117の現像磁極部に軸方向に延在する凹溝113を形成後、断面略

コの字状の本発明のシート状等方性ボンド磁石116を凹溝113に固着する。シート状ボンド磁石116の軸方向には凹部114が形成されているので、現像磁極(N₁)直上の空隙磁束密度分布波形が2山ピークを示す。本発明のマグネトロールのさらに他の構成を示す図12(b)のマグネトロール124は以下のようにして作製できる。まずボンド磁石用のフェライト磁粉と熱可塑性樹脂とを主体とする軟化状態のコンパウンドをラジアル配向磁場が印加された押出成形金型のキャビティに充填し、押出成形し、次いで固化する。次に脱磁し、所定の長さに切断し、隙間122を有するC型の成形体120を得る。次に成形体120にシャフト123を固着する。次に隙間122に本発明のシート状等方性ボンド磁石121を固着する。なお、C型の成形体120は等方性又は極異方性を有するフェライトボンド磁石製又はフェライト焼結磁石製でもよい。本発明のマグネトロールのさらに他の構成を示す図12(c)のマグネトロール129は以下のようにして作製できる。シャフト128に本発明のシート状ボンド磁石126を少なくとも1巻巻回し固着する。127はシート状ボン

ド磁石126の継ぎ目である。

【0047】（実施例12）本発明のマグネットロールのさらに他の構成を示す図13の複合型マグネットロール130は、本発明のシート状等方性ボンド磁石からなるリング状の外層131と、対称6極の多極異方性が付与されたリング状のフェライトボンド磁石製の内層132と、内層132の内周側に固着されたシャフト133とで構成される。131aはシート状ボンド磁石の継ぎ目である。外層131の外径を D_{131} (mm)、厚さを t_{131} (mm)、磁極数を n 、磁極間隔を P_1 (mm)、磁束線の侵入深さを h (mm)としたとき、 $P_1 = \pi D_{131} / n$ で表され、 h は $(P_1/2)$ 程度となる。磁極数(n)が少ない場合は磁極間隔(P_1)が広いので侵入深さ(h)は大きい。すなわち、高い磁力を目的とする現像磁極とそれに隣接する磁極との間隔(P_1)が外層131の厚さ(t_{131})に対して $P_1/t_{131} \geq 1.6$ の条件を満たす場合、内層132の磁力を有効に利用できる。マグネットロール130は対称磁極の場合であるが、非対称磁極とした場合も同様である。マグネットロールの磁石全体を多極異方性が付与された一体形状のフェライトボンド磁石で形成すると着磁波形が異方性付与方向に拘束されるので、 B_o の軸方向におけるばらつき(dBo)が大きくなるという問題を招く。本発明のマグネットロール130ではシート状のR-T-N系等方性ボンド磁石131が外層を形成しているので着磁波形を自在に調整でき、 B_o の平均値が高くかつdBoを小さく抑えられるという効果を得られる。この効果を得るために、外層131の厚さ(t_{131})と内層132の厚さ(t_{132})との比： (t_{131}/t_{132}) を1:9~3:7の範囲にすることが好ましい。この複合型マグネットロールは外径が10~20mmの小口径品のみならず、外径が50~60mmの大口径品にも有効に適用できる。

（実施例13）本発明のマグネットロールのさらに他の構成を示す図14の複合型マグネットロール140は、本発明のシート状等方性ボンド磁石をシャフト144まわりに巻回し、接着してなる内層141の外周面側に、フェライト磁粉と熱可塑性樹脂とからなり対称12極の多極異方性が付与されたリング状フェライトボンド磁石の外層142を接着して構成される。図14において、外層142の外径を D_{142} (mm)、厚さを t_{142} (mm)、磁極数を n' 、磁極間隔を P_2 (mm)、磁束線の侵入深さを h' (mm)としたとき、 $P_2 = \pi D_{142} / n'$ で表され、 h' は $(P_2/2)$ 程度となる。マグネットロール140は磁極数が多いので磁極間隔(P_2)が小さくなり、磁束の侵入深さ(h')は小さい。マグネットロール140の磁石全体を多極異方性を付与したフェライトボンド磁石で形成する場合は多極になるほど表面層の薄い部分に多極異方性が付与される傾向が顕著になり B_o が低下するという問題を招く。そこで、磁極間隔(P_2)と外層142の厚さ(t_{142})とが $P_2/t_{142} < 1.6$ の条件

を満たすようにすると外層142全体に多極異方性が付与されてマグネットロール140の B_o を向上できる。そのために内層141の厚さ(t_{141})と外層142の厚さ(t_{142})との比： (t_{141}/t_{142}) を4:1~3:2の範囲にすることが好ましい。この複合型マグネットロールは外径が10~20mmの小口径品のみならず、外径が50~60mmの大口径品にも有効に適用できる。

【0048】（実施例14）本発明のマグネットロールのさらに他の構成を示す図15(a)のマグネットロール170は、強磁性のシャフトの大径部171a上に本発明のシート状等方性ボンド磁石172を貼着し構成される。シート状ボンド磁石172の継ぎ目174は軸方向X2に対し角度 θ ($0 < \theta < 90^\circ$)をなして形成され、磁極境界175と継ぎ目174とが平行になっている。特に限定されないが、マグネットロールを回転させる方式の現像ロール装置に好適である。本発明のマグネットロールのさらに他の構成を示す図15(b)のマグネットロール180は、強磁性のシャフトの大径部181a上に本発明のシート状等方性ボンド磁石182を貼着し構成される。シート状ボンド磁石182の継ぎ目に相当する位置に隙間185が形成され、隙間185は軸方向X3に対し角度 θ ($0 < \theta < 90^\circ$)をなしている。また隙間185と磁極境界188とが平行に形成されている。特に限定されないが、マグネットロールを回転させる方式の現像ロール装置に好適である。

【0049】特に限定されないが、本発明のマグネットロールの磁極数は好ましくは3~32極、より好ましくは4~16極であり、外径面の周方向に等間隔または不均一な間隔で形成することができる。また特に限定されないが、本発明のマグネットロールとして、長さ(L)と外径(D)との比： (L/D) が5以上のものが実用性が高い。具体的には外径(D)は2~60mmが好ましく、5~30mmがより好ましく、10~20mmが特に好ましい。長さ(L)は50~350mmが好ましく、100~350mmがより好ましく、200~350mmが特に好ましい。

【0050】次に、本発明のシート状等方性ボンド磁石を用いた回転機の実施例を説明する。

（実施例15）

〔回転機の作製及び評価〕厚みを変えた以外は実施例2と同様にして厚み2.0mmのシート状等方性ボンド磁石を作製し、界磁磁石に用いた。図16(a)は本発明のファンモータの一例を示す要部正面図であり、図16

(b)は裏側から見た図である。本発明のファンモータ210にはエアギャップ209を介し回転子207と固定子(電機子)208とが対向して配置されている。201は厚み2.0mmの前記シート状等方性ボンド磁石を1巻きし、リング状の強磁性ヨーク202(SS400製)の内周面側に固着してなる外径30.0mm、高さ30.0mmのリング状界磁磁石であり、対称4極着磁が施されている。201aはシート状ボンド磁石の継ぎ目である。ファンモータ210は軸受206

を介し回転軸203（回転子207）が所定の速度で回転するようになっている。回転軸203とヨーク202とは同軸に配置され、ガラス入りポリブチレンテレフタレート樹脂製の射出成形部材204により一体に抱持固定されている。保持部材204はファン204a、リム204b、スポーク204c、及び背面部204dからなり、回転子207に実用に耐える強度を付与している。着磁は回転子207の状態で行う。固定子208の外周面側に図示省略の固定子磁極（対称4極）が形成されている。ファンモータ駆動制御回路（図示省略）からの矩形波通電（電気角で180度通電）信号を受けてファン204aが効率よく回転する。ファンモータ210に組み込む前の回転子207の軸方向中央部付近において、界磁磁石201の内径面周方向の表面磁束密度（Bo）分布を測定した結果を図17に示す。4磁極のBoの最大値の平均は0.16T（1600G）であった。次に回転子207を組み込んだファンモータ210を送風ファンに搭載し、1ヶ月間連続運転した。連続運転後の界磁磁石201には割れ（クラック）は認められず正常な外観を呈していた。またこの連続運転によるファンモータ210の性能劣化はなかった。

【0051】（比較例4）MQI（マグネチインコーナショナル）社製のNd-Fe-B系等方性磁石粉末（MQP-B材）を磁粉に用いた以外は、実施例15と同様にして厚み2.0mmのNd-Fe-B系シート状等方性ボンド磁石を作製した。しかし、このシート状ボンド磁石を1巻きし、ファンモータ用のヨークの内周面に固着した時点でシート状ボンド磁石にクラックが入り、実用に供することができなかった。

（比較例5）日立金属（株）製のラジアル異方性のリング状フェライトボンド磁石（商品名：KPM-2A、外径30.0mm、内径26.0mm、高さ30.0mm）を界磁磁石として用い、対称4極着磁した以外は実施例15と同様にしてファンモータを作製した。このファンモータ用回転子に配置されたリング状フェライトボンド磁石の内径面周方向の表面磁束密度分布を測定した結果を図17に示す。*

シート厚み (mm)	ヨーク内径(mm)							
	1.0	2.0	4.0	8.0	16.0	32.0	64.0	100.0
0.05	○	○	○	○	○	○	○	○
0.3	△	○	○	○	○	○	○	○
0.5	-	△	○	○	○	○	○	○
1.0	-	-	△	○	○	○	○	○
2.0	-	-	-	△	○	○	○	○
5.0	-	-	-	-	△	○	○	○

○：健全なもの。

△：割れ（クラック）を発生した試料の個数比率が1/20～10/20のもの。

-：ヨーク内径側のスペースが狭く、接着不可。

【0054】（比較例7）実施例5の窒化磁粉を用いた以外は実施例16と同様にして厚さが0.05～5.0mm、幅約100mmのシート状成形体を作製した。次に所定の幅×長さ寸法に切断し、次いで熱処理及び加硫処理を施

* 4磁極のBoの最大値の平均値は実施例15に比べて低かった。

（比較例6）厚みを変えた以外は比較例1と同様にして厚み2.0mmのシート状等方性ボンド磁石を作製した。このシート状ボンド磁石により実施例15と同様にしてファンモータ用界磁磁石を構成し、回転子に組み込んだ。このファンモータ用回転子に配置された界磁磁石の内径面周方向の表面磁束密度分布を測定した結果を図17に示す。4磁極のBoの最大値の平均値は実施例15より低く、比較例5より高かった。

【0052】（実施例16）図16のファンモータ210の回転子207を構成する場合に、シート状ボンド磁石の厚み寸法と、このシート状ボンド磁石を巻回して形成した界磁磁石201を固着するヨーク202の内径寸法とを、相対的に変化したとき、ヨーク202に固着されたシート状ボンド磁石が割れるか否かを調査した結果について説明する。実施例2の窒化磁粉を用い、厚み寸法を変化させた以外は実施例2と同様にして厚さが0.05～5.0mm、幅約100mmのシート状成形体を作製し、次いで、所定の幅×長さ寸法に切断した。次に熱処理及び加硫処理を施した。得られたシート状成形体の密度は5.4～5.5Mg/m³（5.4～5.5g/cm³）であった。次に、各厚みの切断品をそれぞれ用い、リング状に1巻きし、内径寸法が1.0～100.0mmに形成されたリング状の強磁性ヨークの内周面にそれぞれ接着した試料を作製した。これら試料は表3の（シート厚み寸法）×（ヨーク内径寸法）毎に20個ずつ準備した。次に各試料を室温の大気中で1ヶ月間放置し、割れ（クラック）の発生状況を調査した結果を表3に示す。表3のヨーク内径がほぼリング状界磁磁石の外径に相当する。表3より、シート状等方性ボンド磁石が厚いほど、またヨーク内径寸法が小さいほど、割れ（クラック）を発生しやすいことがわかった。

【0053】

【表3】

した。次に各厚みの切断品をそれぞれリング状に1巻きし、ヨークの内周面に接着した試料を作製し、それら試料のシート状ボンド磁石の割れ（クラック）の発生状況を調査した結果を表4に示す。表4より、検討した（シ

ート厚み寸法) × (ヨーク内径) 寸法の組み合わせのい * 【0055】
ずれでも割れ (クラック) が観察された。 * 【表4】

シート厚み (mm)	ヨークの内径 (mm)							
	1.0	2.0	4.0	8.0	16.0	32.0	64.0	100.0
0.05	△	△	△	△	△	△	△	△
0.3	×	△	△	△	△	△	△	△
0.5	—	×	△	△	△	△	△	△
1.0	—	—	×	△	△	△	△	△
2.0	—	—	—	×	△	△	△	△
5.0	—	—	—	—	×	△	△	△

△：割れ (クラック) を発生した試料の個数比率が 1/20～10/20 のもの。

×：割れ (クラック) を発生した試料の個数比率が 11/20 以上のもの。

—：ヨーク内径側のスペースが狭く、接着不可。

【0056】表3、4の比較から、比較例7のシート状
ボンド磁石に比べて、実施例16のシート状ボンド磁石
は所定の曲率半径を有するヨーク表面に固着したときの
耐割れ性 (耐久強度) に富み、信頼性の高いファンモ
ータを構成できることがわかる。これは、実施例16のシ
ート状ボンド磁石を構成する磁粉が丸みを帯びた不定形
塊状であるのに対し、比較例7のシート状ボンド磁石を
構成する磁粉を走査型電子顕微鏡により撮影した写真図
8 (b) から明かなように厚みが約20 μ m未満の非常に
薄い扁平板であるためと判断される。上記試料の割れ発
生品の破面を走査型電子顕微鏡により観察した結果、実
施例16の試料の破面では磁粉粒子が破壊しているもの
は観察されなかったが、比較例7の試料の破面では扁平
な磁粉粒子がほぼ厚み方向に折れて破壊しているものが
多く観察された。このことから、実施例16のシート状
ボンド磁石では、模式図の図9 (a) に示すように、バ
インダーに結着された状態の塊状粒子に応力 σ が作用し
てもほぼ等方位の強度を有し、良好な耐割れ性を示すと
判断される。これに対し、比較例7のシート状ボンド磁
石では、図9 (b) に示すように、バインダーで結着さ
れた状態の扁平粒子に応力 σ が作用すると最も薄い (最
も強度の弱い) 方向に折れて破壊し、耐割れ性を低下さ
せていると判断される。

【0057】 (実施例17) 実施例2の窒化磁粉93.5重
量部と液状エポキシ樹脂6.5重量部とを配合し、以降は
実施例4と同様にして整粒したコンパウンドを作製し
た。このコンパウンドにより、以降は厚みを変えた以外
は実施例4と同様にして厚み2.0mmのシート状等方性
ボンド磁石 ($R_{max}=5\sim8\mu m$) を作製した。次にこ
のシート状ボンド磁石を実施例15と同様にして所定の
幅×長さ寸法に切断し、1巻きして回転子のヨーク内面
に固着し、外径30.0mm、内径26.0mm、高さ30.0mm
の界磁磁石を形成した。次にこの回転子の界磁磁石に対
称4極着磁を施し、その界磁磁石の軸方向中央部におい
て内径面周方向の表面磁束密度 (B_0) 分布を測定した。
その結果、4磁極の B_0 の最大値の平均は0.167 T (1670
G) であり、実施例15より高かった。

【0058】 (実施例18) 図18の各斜視図は、本発
明のシート状等方性ボンド磁石を巻回し、界磁磁石を構
成する場合に、その巻回したシート状ボンド磁石の継ぎ
目及び継ぎ目に沿う磁極の構成例を示している。図18
(a) は、リング状界磁磁石330の継ぎ目331 (磁極境
界) が界磁磁石330の軸方向に平行な場合である。図1
8 (b) は、リング状界磁磁石340の継ぎ目 (磁極境
界) 341が界磁磁石340の軸方向X4に対し角度 θ ($0<\theta<90$ 度) をなして形成され、かつ継ぎ目341に平行に4
磁極を形成した例である。この構成はコギングトルクの
低減に効果がある。図18 (c) は、リング状界磁磁石
350の継ぎ目 (磁極境界) 351が、軸方向X5に対し角度 θ
($0<\theta<90$ 度) をなす部分351aと、軸方向X5に垂直な
部分351bとを有するようにし、かつこの継ぎ目351に沿
って4磁極を形成した例である。この構成ではコギング
トルクを抑制し、回転機の出力を向上できるという効果
が得られる。図18 (d) は、リング状界磁磁石360の
継ぎ目に相当する部分にすきま361を形成した例であ
る。この状態でヨークに固着されたシート状ボンド磁石
362は熱応力に対して割れにくくなるという効果を得ら
れる。

【0059】図19は本発明に用いる回転子の他の構成
を示す要部断面図である。図19 (a) は、強磁性のヨ
ーク372の内周側に等間隔のすきま373を介し本発明のシ
ート状ボンド磁石371を接着してなるアウターロータ型
の回転子370である。図19 (b) は、強磁性の回転子
コア382の外周側に、本発明のシート状ボンド磁石を1
巻きして形成した界磁磁石381を接着してなるインナー
ロータ型の回転子380である。図19 (c) は、強磁性
の回転子コア392の外周側に等間隔のすきま393を介して
本発明のシート状ボンド磁石391を接着してなるインナ
ーロータ型の回転子390である。

【0060】 [ベジャ用モータの作製及び評価]

(実施例19) 図20 (a) は本発明のモータの一実施
例であるベジャ用の振動モータ420を示す要部断面図で
あり、図20 (b) は図20 (a) のB-B線矢視断面
図である。界磁磁石424は実施例16で作製した厚み0.5

mmのシート状等方性ボンド磁石を所定幅×長さ寸法に切断し、強磁性（S45C製）の回転子ヨーク426表面に1巻し固着して構成され、424aはシート状ボンド磁石の継ぎ目である。界磁磁石424の外周面の周方向に対称4極着磁が施してある。エアギャップ427の平均厚みは0.1mmに調整されている。固定子435は固定子鉄芯422及び巻線430を具備する。固定子鉄芯の歯422aの数は6、各歯422aの巻線数は36ターン、巻線430の線径は0.10mmとした。固定子鉄芯422は0.5mm厚みの強磁性（珪素鋼板：JIS50A350製）の薄板をL方向（L=10mm）に積層し構成されている。回転軸428の先端部分に略半円筒状の偏芯おもり433が付設され、回転軸428と一体化し回転する。モータ420を駆動すると偏芯おもり433が偏芯しながら回転しモータ420に顕著な振動が発生する。モータ420は三相交流電方式の回転制御により効率よく回転する。固定子435側の巻線430から印加される逆磁界により界磁磁石424が減磁する対策として界磁磁石424の平均のパーミアンス係数(Pc)を0.5〜3（厚みを0.1〜0.9mm）にすることが好ましい。前記構成を具備するペジヤ用振動モータ420は、回転子425の外径が2.0mm、固定子435の外径が6.0mmという小径になり、非常に小型になった。次に、モータ420の巻線430のU-W相に0.08Aの電流を通電したときの静止時のトルクを図21に示す。図21の横軸は機械角、縦軸はトルクであり、トルクの最大値の絶対値がほぼ0.1Nmmになり、有用なモータ性能を有することがわかる。次に、モータ420を所定の移動体通信機器（携帯電話）に組み込み、1ヶ月間使用後、分解して界磁磁石424の状況を調べたところ、界磁磁石424には割れ（クラック）は認められず、実用に耐えるモータ性能を維持していた。なおこの実施例ではペジヤ用モータを携帯電話に搭載した場合を記載したが、これに限定されず、携帯型ベルに搭載した場合にも有用な効果が得られる。

【0061】（実施例20）

〔スピンドルモータの作製及び評価〕図22（a）は本発明の代表的なスピンドルモータ450の要部断面図であり、図22（b）は図22（a）のC-C線矢視断面図である。モータ450はエアギャップ447と、エアギャップ447を介して対向する固定子445、及び回転子455を具備する。固定子445は中心軸448と、中心軸448まわりに配置された強磁性の固定子鉄芯443及び巻線449を有する。回転子455は、強磁性の回転子ヨーク452と、実施例16で作製したシート状ボンド磁石（厚み1.0mm）を所定の幅×長さ寸法に切断し、回転子ヨーク452の内周面に1巻して固着した界磁磁石453とを有する。453aはシート状ボンド磁石の継ぎ目である。モータ450は回転子455が外周側に配置された、いわゆる外転型のブラシレスモータである。界磁磁石453は内径寸法が20mmという小径に形成された。次に、モータ450を所定のハードディスクドライブ装置に組み込み1ヶ月間使用し、次いで分

解して界磁磁石453の状況を調べたが割れ（クラック）は発生しておらず、実用に耐えるモータ性能を維持していた。なお、図22と同様の磁気回路を有するスピンドルモータであって、さらにブラシを付設し、巻線449の通電部分を切り替えて、外周側を固定子にし、内周（巻線）側を回転するようにしたブラシモータも有用である。

【0062】（実施例21）本発明の等方性シート状ボンド磁石を用いて図23の軸方向エアギャップを有するモータ520を作製し、評価した結果を説明する。図23

（a）はモータ520を上側から見た図であり、図23

（b）は図23（a）のD-D線矢視面図である。界磁磁石501は実施例16で作製した厚み0.5mmのシート状等方性ボンド磁石をドーナツ状に打ち抜き、強磁性（S45C等）のバックヨーク502に固着し構成されている。次いでそれらを回転軸（シャフト）503まわりに配置し回転子505を構成した。図23（c）に示すように、エアギャップ515に対向する界磁磁石501の部分には回転方向に沿って等間隔で面内12極着磁が施してある。また固定子鉄芯の歯517aは18個形成されている。モータ520は三相交流電方式による回転制御により効率よく回転する。界磁磁石501が固定子510側の巻線516から印加される逆磁界により実用に耐えない状態まで減磁しないように、界磁磁石501の平均のパーミアンス係数(Pc)は0.5〜3にすることが好ましい。回転子505を構成するバックヨーク502の軸方向の厚みを0.55mmに薄く形成したが強磁性（S45C）のためバックヨーク502内の鉄損は非常に小さい。固定子510の鉄芯（ヨーク）517は珪素鋼板

（JIS50A350）製でかつ厚み0.55mmに薄く形成されている。固定子鉄芯の歯517aの巻線数を72ターン、巻線516の線径を0.15mmとした。また軸方向エアギャップ515の平均間隔を0.2mmに薄く設定した。この結果、バックヨーク502と界磁磁石501とエアギャップ515及び固定子鉄芯517の合計の厚み寸法： t_{s20} が1.8mmになり、非常に薄型のモータを構成できた。次にモータ520の巻線516のU-W相に0.1Aの電流を通電したときの静止時のトルクを測定した結果を図24に示す。図24の横軸は機械角、縦軸はトルクであり、トルクの絶対値の最大値は12Nmmになり有用なモータ性能を有することがわかる。次に、モータ520を100時間連続駆動後、界磁磁石501の割れ（クラック）の発生状況を調べた。その結果、界磁磁石501に割れ（クラック）は認められず、磁力劣化も認められなかった。

（実施例22）実施例5、7、9の整粒したコンパウンドをそれぞれ用い、実施例21と同様のドーナツ状のシート状等方性ボンド磁石（厚み0.5mm）を作製した。次にそれらドーナツ状のシート状ボンド磁石（ R_{max} はいずれも10μm未満）をそれぞれ用いた以外は実施例21と同様にして軸方向エアギャップを有するモータを作製し、評価した。その結果、実施例7及び9の整粒した

コンパウンドを用いて形成した界磁磁石を配置したモータで最も高い性能が得られ、モータに組み込んだ界磁磁石に割れは発生しなかった。また実施例 5 の整粒したコンパウンドにより形成した界磁磁石を配置したモータでは実施例 2 1 のモータに比べてやや高いモータ性能が得られ、界磁磁石に割れは発生しなかった。

(比較例 8) 比較例 1 のコンパウンドを用いた以外は実施例 2 1 と同様にしてドーナツ状のシート状等方性ボンド磁石 (厚み 0.5 mm) を作製し、軸方向エアギャップを有するモータを作製し、評価した。その結果、実施例 2 1, 2 2 に比べてモータ性能は低かった。

【0063】 (実施例 2 3) 実施例 2 の窒化磁粉: 93.5 重量部、シラン系カップリング剤: 0.25 重量部、全芳香族のサーモトロピック液晶性ポリエステル樹脂 (セラニーズ社製、商品名: ペトラ A130、縦弾性率 1.8×10^{10} Pa

(18×10^4 kg/cm²)): 6.24 重量部、及びステアリン酸カルシウム: 0.01 重量部を配合し、アルゴンガス雰囲気加熱・加圧型ニーダーにより混練し、造粒したペレットを得た。このペレットを図 5 の加熱したコンパウンド搬送装置 60 に投入し、吐出口 61 から軟化状態のペレットを加熱したロール 64, 64 の間に供給して圧延し、厚さ 0.8 mm のシート状成形体を得た。得られたシート状成形体を所定長さに切断後、大気中で 80℃ × 2 時間の熱処理を行い、その後室温まで冷却した。このシート状ボンド磁石を室温 (25℃), 1989.5 kA/m (25 kOe) で着磁し、得られた (BH) max = 30.2 kJ/m³ (3.8 MG0e) であり、密度は 5.3 Mg/m³ (g/cm³) であった。次に前記シート状ボンド磁石を用いて図 2 5 の軸方向エアギャップを有するモータ 540 を作製し、評価した結果について説明する。図 2 5 (a) はモータ 540 を上側から見た図であり、図 2 5 (b) は図 2 5 (a) の E-E 線矢視断面図である。モータ 540 は、巻線 536 と断面コの字状の固定子鉄芯 537 とを備えた固定子 545 と、前記シート状ボンド磁石をドーナツ状に打ち抜いて形成した界磁磁石 539 を回転軸 533 まわりに固着し、構成した回転子 538 とを有する。エアギャップ 535 と対向する界磁磁石 539 の部分には回転方向に沿って等間隔で面内 12 極着磁が施されている。モータ 540 では、固定子鉄芯 537、軸方向エアギャップ 535、界磁磁石 539、軸方向エアギャップ 535 及び固定子鉄芯 537 の厚み寸法の合計 t₅₄₀ を 2.1 mm という薄さにすることができた。モータ 540 ではバックヨークが存在しない分回転子 538 が軽量化されて高速応答型の用途に好適である。また、界磁磁石 539 と固定子 545 とが相対的に対称構造になっているので両者間に作用する吸引力が軸方向でバランスされ、軸受 (図示省略) の軸方向荷重を軽減できるという効果を得られる。なおモータ 540 ではバックヨークが存在しない分、界磁磁石 539 の剛性を高め、モータ 540 の駆動中の界磁磁石 539 の変形、クラック (割れ) の発生を抑える必要がある。このため、界磁磁石 539 を構成するシート状ボンド磁石のバインダー

に前記高剛性の樹脂を用いた。バインダーとして縦弾性率 (引張弾性率) が 1.6×10^{10} Pa (16×10^4 kg/cm²) 以上の高剛性の樹脂が好ましい。例えば、全芳香族のサーモトロピック液晶性ポリエステルが好ましく、セラニーズ社製のペトラ C130 (縦弾性率 1.6×10^{10} Pa (16×10^4 kg/cm²)), ペトラ A230 (縦弾性率 2.8×10^{10} Pa (30×10^4 kg/cm²)), ペトラ B230 (縦弾性率 3.7×10^{10} Pa (38×10^4 kg/cm²)), ペトラ A410 (縦弾性率 2.1×10^{10} Pa (21×10^4 kg/cm²)), ペトラ A422 (縦弾性率 1.8×10^{10} Pa (18×10^4 kg/cm²)), ペトラ C400 (縦弾性率 1.7×10^{10} Pa (17×10^4 kg/cm²)), ペトラ A540 (縦弾性率 1.6×10^{10} Pa (16×10^4 kg/cm²)), XYDAR RC-210 (縦弾性率 1.6×10^{10} Pa (16.2×10^4 kg/cm²)), または XYDAR G-43C (縦弾性率 1.6×10^{10} Pa (16.1×10^4 kg/cm²)) が挙げられる。ちなみに、縦弾性率は、鋼が 2.2×10^{11} Pa (220×10^4 kg/cm²)), ポリフェニレンサルファイド樹脂が 9.8×10^9 Pa (10×10^4 kg/cm²) 程度である。モータ 540 を所定時間駆動したが問題は発生しなかった。また前記駆動後の界磁磁石 539 にはクラック (割れ) は発生せず、磁気特性の劣化は認められなかった。

【0064】 (実施例 2 4) 図 2 6 (a) は本発明のさらに別の実施例のモータ 560 を示し、図 2 6 (b) は図 2 6 (a) の F-F 線矢視断面図である。モータ 560 では実施例 1 6 で作製した厚み 0.5 mm のシート状ボンド磁石をドーナツ状に打ち抜き、形成した界磁磁石 551 を用いた。界磁磁石 551 を強磁性のバックヨーク 552 に固着し、回転軸 553 まわりに配置して回転子 550 を構成した。エアギャップ 555 に対向する界磁磁石 551 の部分に回転方向に沿って等間隔で面内 12 極着磁が施されている。回転子 550 とエアギャップ 555 を介して交互に配置された固定子鉄芯 557, 558 とが対向して配置されている。モータ 560 では巻線 556 が固定子鉄芯 557, 558 の軸方向に巻回されているので巻線 558 が上下方向に厚くならない。このため薄型のモータにできるという効果を得られる。モータ 560 ではバックヨーク 552 と界磁磁石 551 とエアギャップ 555 及び固定子鉄芯 557 (558) の合計の厚み寸法 t₅₆₀ が 2.0 mm という薄さであり、また図 2 3 のモータ 520 とほぼ同等のモータ性能が得られた。

【0065】 (実施例 2 5) 図 2 7 (a) は本発明のさらに別の実施例のモータ 580 を示し、図 2 7 (b) は図 2 7 (a) の G-G 線矢視断面図である。モータ 580 では、実施例 1 6 で作製した厚み 0.5 mm のシート状ボンド磁石をドーナツ状に打ち抜いて形成した界磁磁石 578 を強磁性体製のバックヨーク 577 に固着し、回転軸 573 まわりに配置して回転子 570 が構成されている。エアギャップ 574 に対向する界磁磁石 578 の部分に回転方向に沿って等間隔で面内 12 極着磁が施されている。また、界磁磁石 578 とエアギャップ 574 を介して固定子鉄芯の歯 572 a が対向配置されている。固定子鉄芯 572 は、歯部 572 a

と、折り曲げ部572bと、巻線576を巻回した部分を含む外側部572cとからなる。また、歯部572aの底面572aaと巻線576の底面576aとが同一水平面を形成している。以上の構成により、モータ580のバックヨーク577、界磁磁石578、エアギャップ574、及び固定子鉄芯572aの厚み寸法の合計 t_{sso} は1.8mmという薄さになり、また図23のモータ520とほぼ同等のモータ性能が得られた。

【0066】(実施例26)図28(a)は本発明のさらに別の実施例のモータ600を示しており、図8(b)は図8(a)のH-H線矢視断面図である。モータ600は、強磁性のバックヨーク597の表面に、実施例16で作製した厚み0.5mmのシート状ボンド磁石をドーナツ状に打ち抜き、形成した界磁磁石598を固着し、回転軸593まわりに配置し、構成した回転子590と、強磁性の固定子鉄芯の歯592とが、エアギャップ591を介して対向配置されている。エアギャップ591に対向する界磁磁石598の部分に回転方向に沿って等間隔で面内12極着磁が施されている。また、内側の固定子鉄芯592とは別体の外側の固定子鉄芯594を設け、固定子鉄芯592、594を接合して固定子595を構成した。固定子鉄芯の底面592aと巻線596の底面596aとが同一水平面を形成している。モータ600では図27のモータ580とほぼ同等のモータ性能が得られ、薄型モータとして好適である。また固定子鉄芯を折り曲げていないので固定子鉄芯の変形量が少なく、エアギャップ591を薄く形成することができる。

【0067】上記軸方向エアギャップを有する回転機では、回転子のヨーク、界磁磁石、軸方向エアギャップ間隔、及び固定子鉄心の軸方向における厚み寸法の合計を2.5mm以下にでき、かつ有用な回転機性能を得ること*30

	コンパウンド (ペレット)	1成形品 内密度差 (Mg/m^3)	B_o, \max (%)	真円度(μm)	
				内径	外径
実施例27	実施例4	≤ 0.2	93.6	< 10	< 10
比較例9	比較例3	≤ 0.2	89.0	< 10	< 10
実施例28	実施例5	≤ 0.2	94.0	< 10	< 10
実施例29	実施例6	> 0.2	90.3	> 15	> 15
実施例30	実施例7	≤ 0.2	99.7	< 10	< 10
実施例31	実施例8	> 0.2	95.1	> 15	> 15
実施例32	実施例9	≤ 0.2	100	< 10	< 10
実施例33	実施例10	> 0.2	96.2	> 15	> 15

【0070】特に限定されないが、回転機の界磁磁石の磁極は好ましくは2~100極、より好ましくは4~16極であり、界磁磁石の内径面又は外径面の周方向に等間隔または不均一な間隔で形成することができる。また上記実施例では回転子にシート状ボンド磁石を配置した場合を記載したが、シート状ボンド磁石を固定子側に配置し回転機を構成してもよい。

【0071】本発明の等方性ボンド磁石の耐割れ性、成形性及び耐酸化性を高めるために、公知の表面改質剤(シラン系カップリング剤等)、潤滑剤、充填剤及び酸

*ができる。また本発明のシート状ボンド磁石を界磁磁石に用いた軸方向エアギャップを有する発電機も本発明に包含される。また本発明に用いるシート状ボンド磁石の密度を、好ましくは $4.0 \sim 5.6 \text{ Mg}/\text{m}^3$ (g/cm^3)、より好ましくは $4.2 \sim 5.6 \text{ Mg}/\text{m}^3$ (g/cm^3)、特に好ましくは $4.5 \sim 5.6 \text{ Mg}/\text{m}^3$ (g/cm^3)に調整することにより良好な耐割れ性(耐久強度)を得ることができる。

【0068】(実施例27~33、比較例9)表5の各コンパウンドによりそれぞれ成形圧力 $5.7 \times 10^8 \text{ Pa}$ ($5.8 \text{ トン}/\text{cm}^2$)で、外径30mm、内径25mm、高さ30mmのリング状等方性ボンド磁石を圧縮成形した。次に各成形体を加熱硬化し、次いで内径及び外径の真円度を測定した。また加熱硬化後の成形体を任意にサンプリングし、高さ方向に略等長に10分割し、各切断片の密度を測定し、1成形品内の密度ばらつき(10個の切断片における最大密度と最小密度の差)を求めた。また加熱硬化後の成形体に対し、室温で着磁磁界強度1.2MA/m (15kOe)で対称4極着磁を施し、次いで高さ方向のほぼ中心における外径面周方向の表面磁束密度分布を測定し、各磁極の表面磁束密度の最大値の平均(B_o, \max)を求めた。これらの測定結果を表5に示す。なお、(B_o, \max)は相対値表示である。表5より、整粒したコンパウンドを用いた場合に1成形品内の密度差が小さくなり、内径及び外径の真円度が向上することがわかる。また所定量のLaを含有する窒化磁粉を配合したリング状ボンド磁石の(B_o, \max)が高くなり、特にNdFeB系磁粉を配合した場合に最も高い(B_o, \max)が得られた。

【0069】

【表5】

化防止剤をそれらの合計で2重量%以下添加してもよい。また耐食性を向上するために、本発明の等方性ボンド磁石の表面に平均膜厚で $0.5 \sim 30 \mu\text{m}$ の耐食性被膜(エポキシ樹脂塗装等)を被覆することが好ましい。耐食性被膜の平均膜厚が $0.5 \mu\text{m}$ 未満では耐食性が高められず、 $30 \mu\text{m}$ 超では耐食性の付与効果が飽和する。

【0072】

【発明の効果】上記記述の通り、本発明によれば、従来に比べて着磁性の良好な(S_m , L_a)-T-N系等方性磁石粉末とバインダーとから実質的に高性能の等

方性ボンド磁石を提供することができる。また本発明によれば、従来に比べて着磁性の良好な（ S_m 、 L_a ）— $T-N$ 系等方性磁石粉末と、 $R'-T'-B$ 系等方性磁石粉末と、バインダーとから実質的になる高性能の等方性ボンド磁石を提供することができる。また前記等方性ボンド磁石を用いて構成される高性能の回転機及びマグネットローンを提供することができる。また前記等方性ボンド磁石用の高性能コンパウンドを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明のコンパウンドの製造工順の一例を示す図である。

【図 2】本発明のコンパウンドの作製に用いる押出装置（a）及び整粒装置（b）を示す要部断面図である。

【図 3】図 3（a）は図 2（b）のマルメラライザーを上から見た図であり、図 3（b）は回転盤に形成された溝部を示す図であり、図 3（c）はバップルブレードの配置角度を説明する図である

【図 4】最大径、最小径を定義する模式図である。

【図 5】カレンダーロール成形装置の一例を示す要部断面図である。

【図 6】着磁性に及ぼす L_a 含有量依存性の一例を示す図である。

【図 7】不可逆減磁率に及ぼす L_a 含有量依存性の一例を示す図である。

【図 8】丸みを帯びた磁粉粒子を走査型電子顕微鏡で撮影した写真（a）、及び扁平な磁粉粒子を走査型電子顕微鏡で撮影した写真（b）図である。

【図 9】本発明の窒化磁石粉末の強度と応力との関係を説明する模式図（a）、及び比較例の磁石粉末の強度と応力との関係を説明する模式図（b）である。

【図 10】本発明のマグネットローンを搭載した現像ロール装置の一例を示す要部断面図である。

【図 11】本発明の代表的なマグネットローンを示す断面図である。

【図 12】本発明の更に他のマグネットローンを示す断面図であり、溝部に断面コの字のシート状ボンド磁石を埋め込んだ場合（a）、C型磁石の隙間にシート状ボンド磁石を埋め込んだ場合（b）、シャフト上に巻回したシート状ボンド磁石を固着した場合（c）である。

【図 13】本発明の更に他のマグネットローンを示す断面図である。

* 【図 14】本発明の更に他のマグネットローンを示す断面図である。

【図 15】本発明の更に他のマグネットローンを示し、継ぎ目が軸方向に対して傾斜している場合（a）、及び継ぎ目が軸方向に対して傾斜しかつ継ぎ目に相当する位置に隙間を形成した場合（b）である。

【図 16】本発明の回転機の一例を示す要部正面図（a）、（a）の裏側から見た図（b）である。

10 【図 17】本発明の回転機を構成する回転子の表面磁束密度分布の一例を示す図である。

【図 18】本発明の回転機を構成する界磁磁石の継ぎ目及び磁極構成を示す斜視図であり、（a）は継ぎ目部分が平行な場合、（b）は継ぎ目部分が傾斜している場合、（c）は継ぎ目部分が傾斜しかつ屈曲している場合、（d）は継ぎ目に相当する部分が空間の場合である。

【図 19】本発明の他の回転機を示す要部断面図であり、（a）アウターロータ型、（b）及び（c）はそれぞれインナーロータ型、の一例を示す図である。

20 【図 20】本発明の更に他の回転機を示す要部断面図（a）、（a）のB-B線矢視断面図（b）である。

【図 21】本発明の回転機のトルクと機械角との関係の一例を示す図である。

【図 22】本発明の更に他の回転機を示す要部断面図（a）、（a）のC-C線矢視断面図（b）である。

【図 23】本発明の更に他の回転機を示す図（a）、（a）のD-D線矢視断面図（b）、界磁磁石の着磁パターンを示す図（c）である。

30 【図 24】本発明の回転機のトルクと機械角との関係の他の例を示す図である。

【図 25】本発明の更に他の回転機を示す図（a）、（a）のE-E線矢視断面図（b）である。

【図 26】本発明の更に他の回転機を示す図（a）、（a）のF-F線矢視断面図（b）である。

【図 27】本発明の更に他の回転機を示す図（a）、（a）のG-G線矢視断面図（b）である。

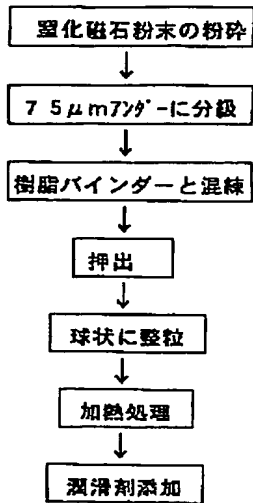
【図 28】本発明の更に他の回転機を示す図（a）、（a）のH-H線矢視断面図（b）である。

【符号の説明】

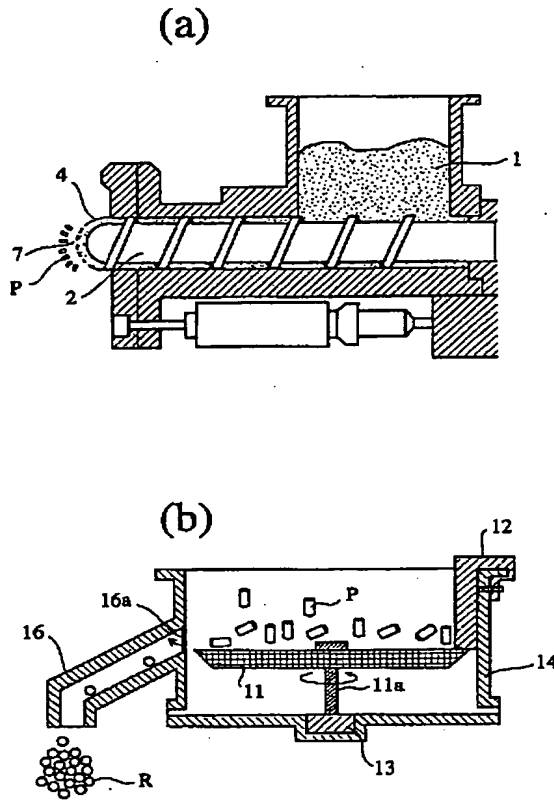
40 1 ペレット、2 スクリュー、81 マグネットローン、210 回転機。

*

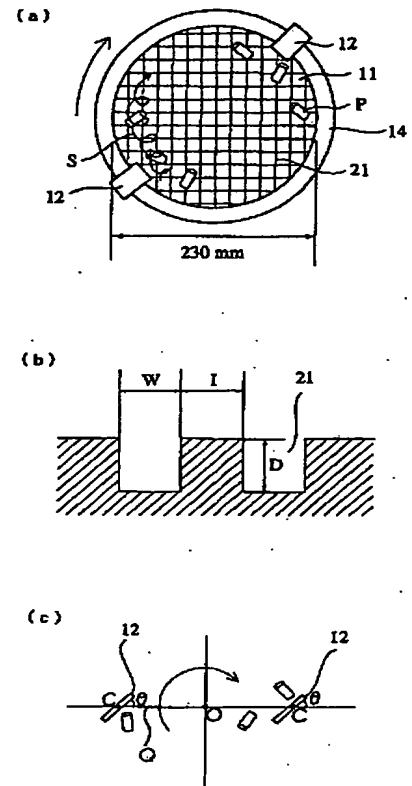
【図 1】



【図 2】



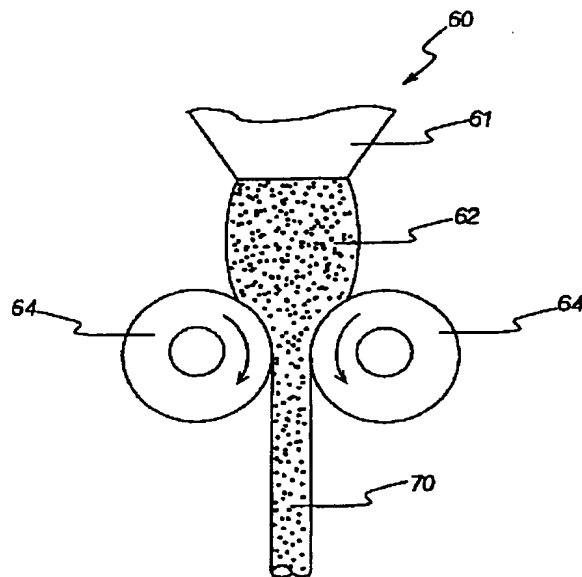
【図 3】



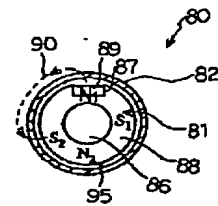
【図 4】



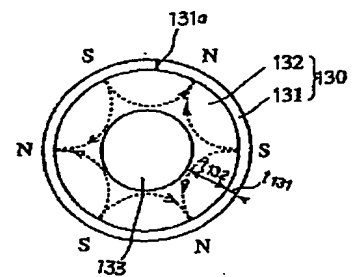
【図 5】



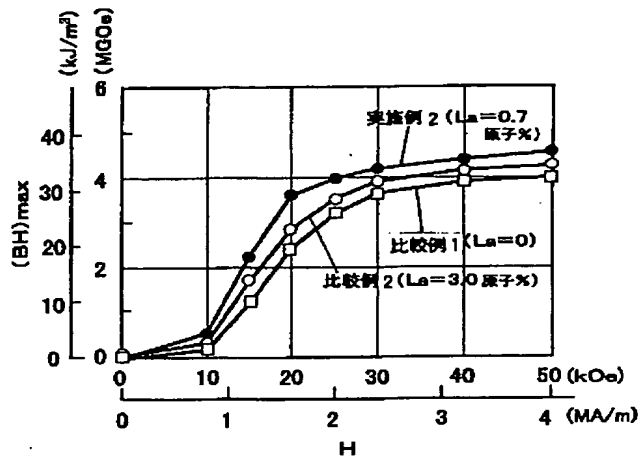
【図 11】



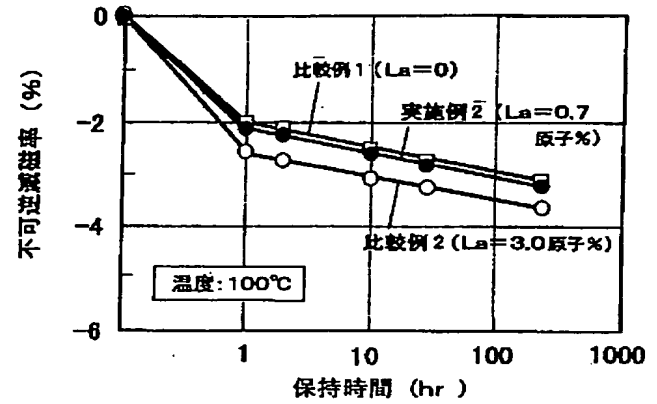
【図 13】



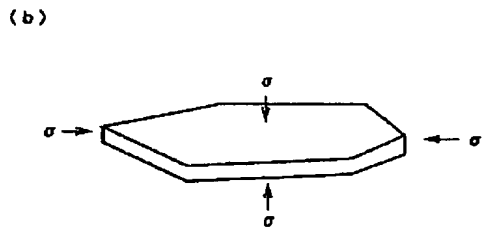
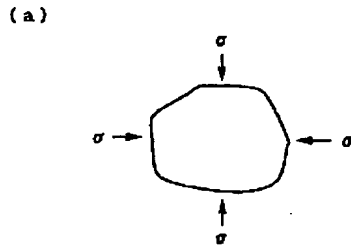
【図 6】



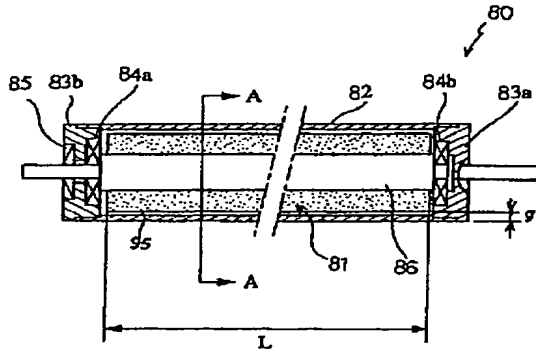
【図 7】



【図 9】

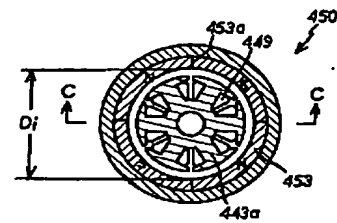


【図 10】

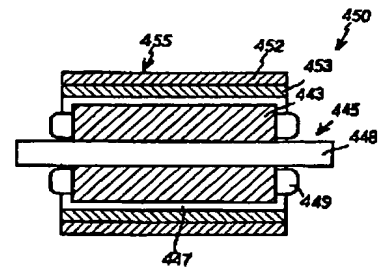


【図 22】

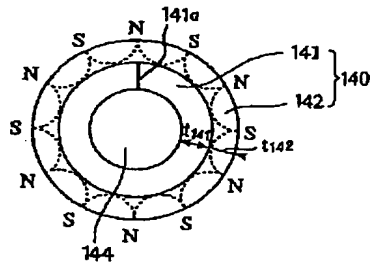
(a)



(b)

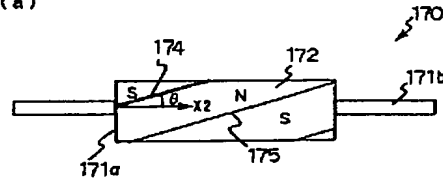


【図 14】

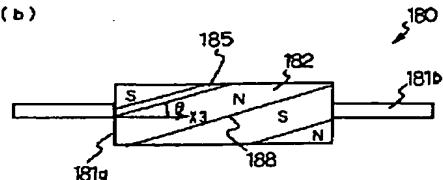


【図 15】

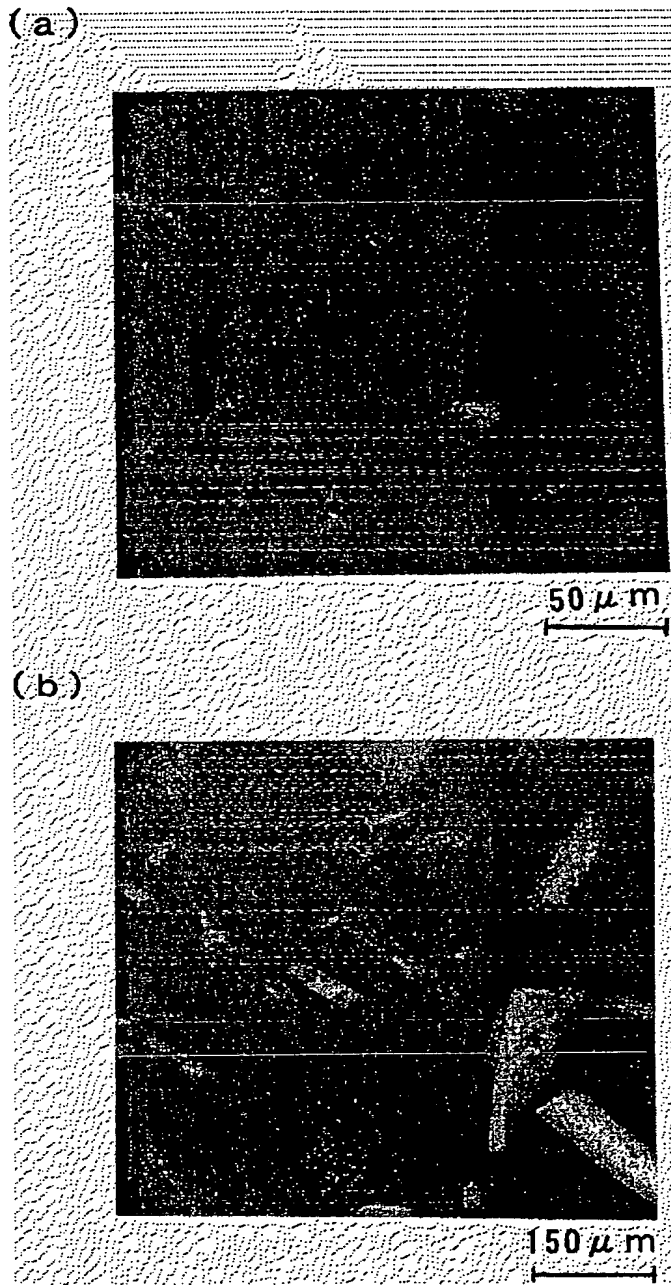
(a)



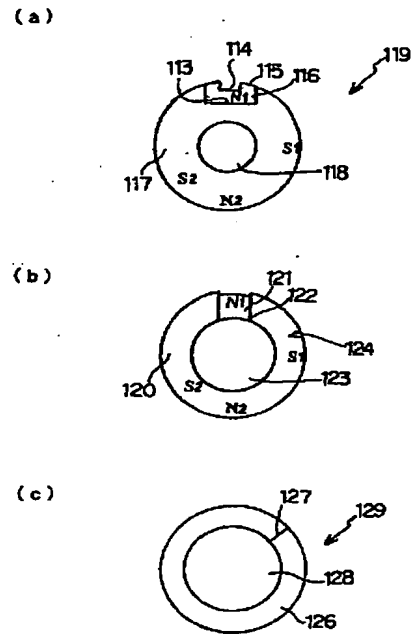
(b)



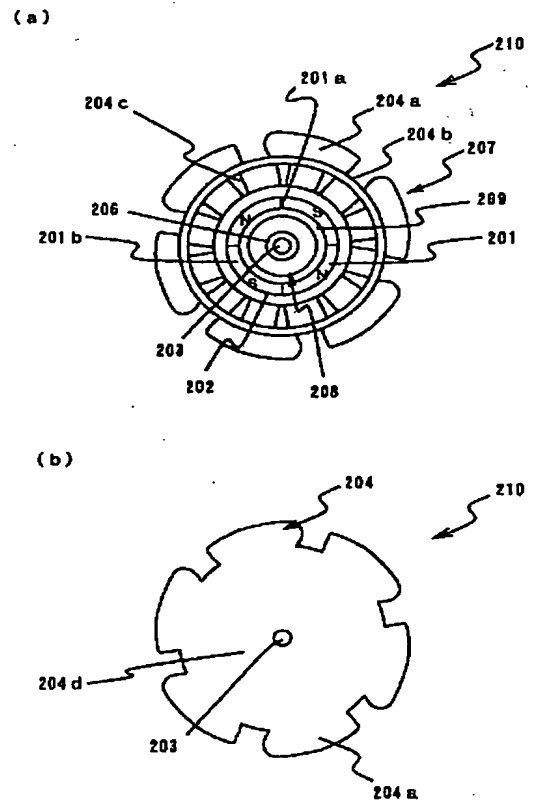
【図8】



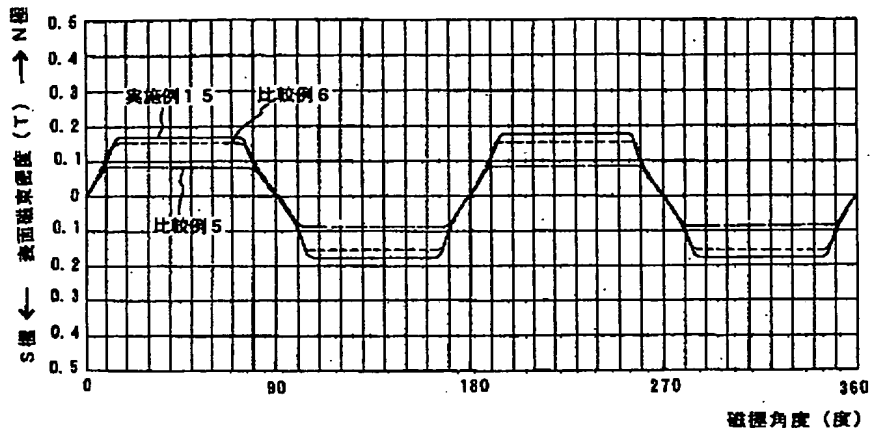
【図12】



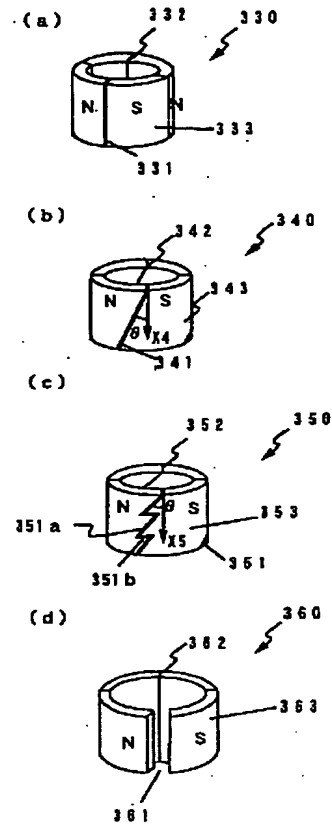
【図16】



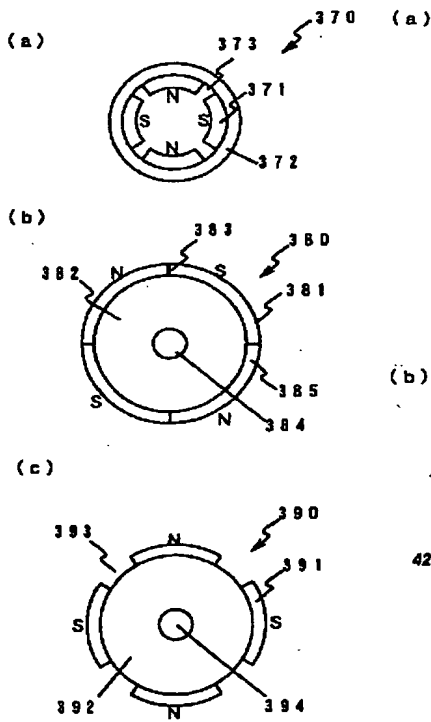
【図 17】



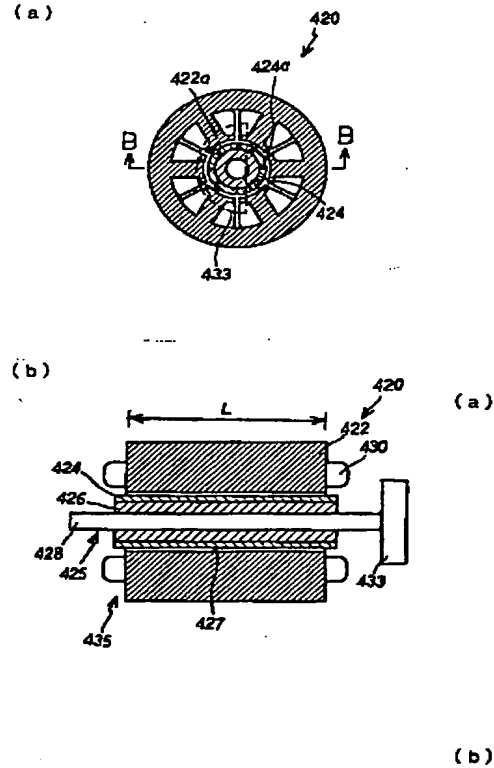
【図 18】



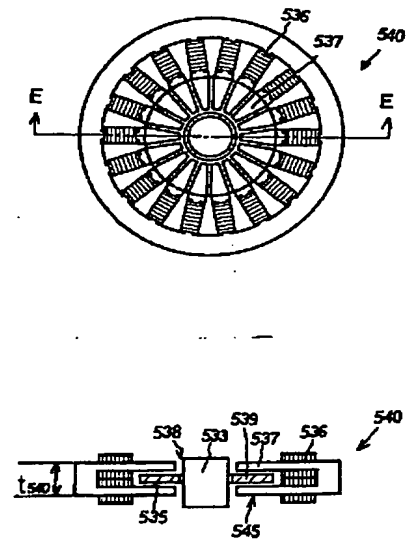
【図 19】



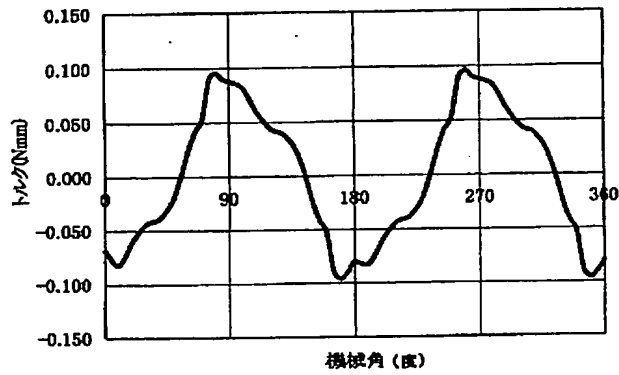
【図 20】



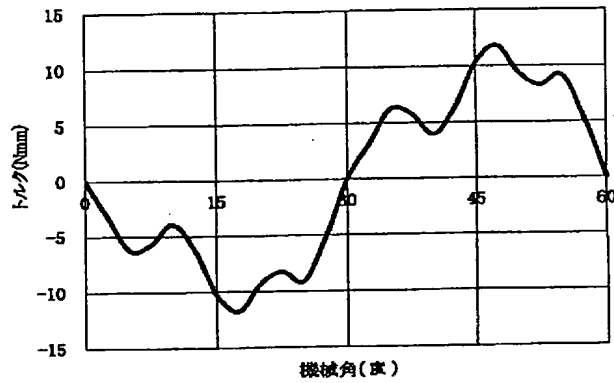
【図 25】



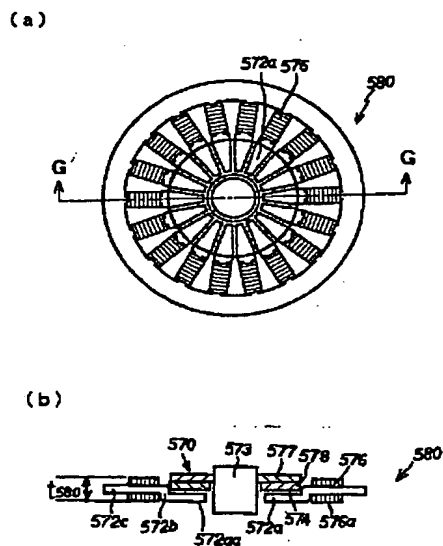
【図21】



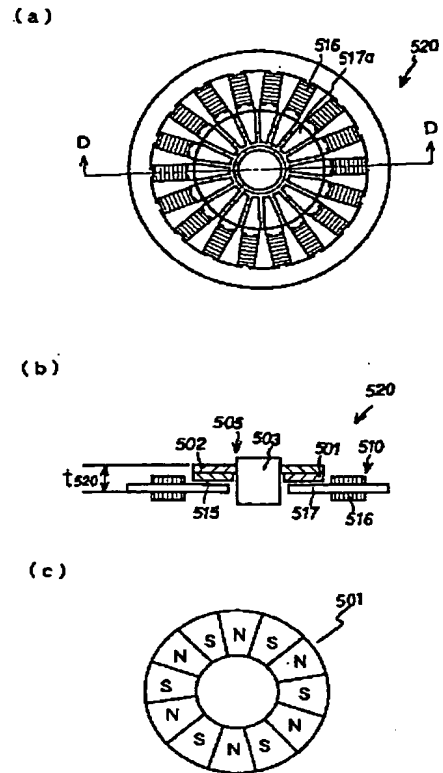
【図24】



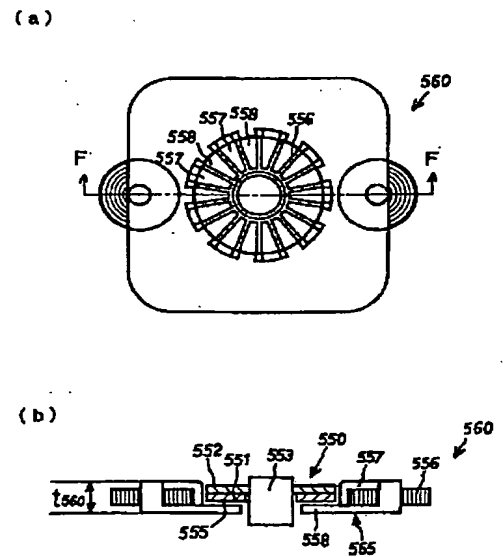
【図27】



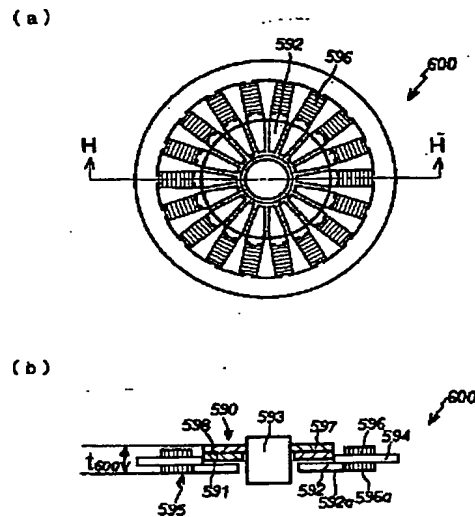
【図23】



【図26】



【図28】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. // C 2 2 C 38/00	識別記号 3 0 3	F I H 0 1 F 1/04	テーマコード(参考) H
(31) 優先権主張番号 特願2000-46688 (P2000-46688) (32) 優先日 平成12年2月24日 (2000. 2. 24) (33) 優先権主張国 日本 (J P) (31) 優先権主張番号 特願2000-49602 (P2000-49602) (32) 優先日 平成12年2月25日 (2000. 2. 25) (33) 優先権主張国 日本 (J P) (72) 発明者 増澤 正宏 埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地日立金属株式 会社磁性材料研究所内	(72) 発明者 谷川 茂穂 埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地日立金属株式 会社熊谷磁材工場内 (72) 発明者 後藤 隆治 群馬県多野郡吉井町多比良2977番地日立金 属機工株式会社内 (72) 発明者 山下 恵太郎 群馬県多野郡吉井町多比良2977番地日立金 属機工株式会社内	F ターム(参考) 4K018 AA27 BA18 BD01 GA02 KA46 5E040 AA04 AA19 BB03 CA01 CA20	

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.